



INDICE:

1	INTRODUCCIÓN.....	3
2	ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO.....	6
3	PRINCIPALES ASPECTOS DEL PROYECTO	6
4	TIPOS DE BUQUES PORTACONTENEDORES.....	8
5	PROBLEMAS PRINCIPALES DEL PROYECTO Y CRITERIOS APLICADOS PARA SU RESOLUCION.	9
6	METODOLOGÍA DEL PROYECTO.....	13
7	SOLUCIONES ADOPTADAS.	14
8	CONCLUSIONES.	15
9	HERRAMIENTAS DE TRABAJO	15
10	BIBLIOGRAFIA.	16



Proyecto 1624

PORTACONTENEDORES 650 TEU'S

Cuaderno 0: **MEMORIA EXPLICATIVA**



1 INTRODUCCIÓN.

En este cuadernillo vamos a presentar la memoria del proyecto fin de carrera de los estudios de ingeniería naval, en el que aplicaremos los conocimientos adquiridos sobre buques en general a lo largo de la carrera.

Siempre debemos tener en cuenta que los datos obtenidos en este proyecto difieren de los reales, ya que nos hemos limitado a cálculos teóricos sin considerar condicionantes como las pruebas en canal, las infraestructuras del astillero, sus estándares de trabajo y, los requerimientos específicos que pueda imponer el armador al proyecto. No obstante, durante la evolución del proyecto, han aparecido problemas del mismo orden a los que suceden en la fase del anteproyecto del buque, en los cuales hemos justificado la decisión tomada, si bien sabemos que en la mayor parte de las veces no existe una única posibilidad.

El proyecto consiste en el diseño de un buque portacontenedores sin escotillas con las características principales que se listarán en el apartado siguiente.

El contenedor comenzó a utilizarse en el tráfico marítimo a finales de la década de los cuarenta; sin embargo su éxito y desarrollo imparable arranca a finales de los sesenta. Sus ventajas son tantas y variadas que hoy se puede afirmar que el 85% de la carga susceptible de ser transportada en contenedores, se transporta realmente en este envase.

Entre las ventajas que presenta este medio de transporte se mencionan las siguientes:

- Rapidez en la carga y descarga del buque ya que pueden obtenerse hasta 30 ciclos/hora con cada grúa.
- Reducción de las necesidades de mano de obra con el consiguiente ahorro de los costes.
- El contenedor protege a la propia carga disminuyendo el número de mermas, daños en la estiba y desestiba, hurtos, etc.



- Debido a la estandarización de las dimensiones de los contenedores se puede combinar el uso del ferrocarril y el camión, lográndose el transporte integrado.
- Por su agilidad, el grado de ocupación de los portacontenedores es muy superior al de los buques convencionales.
- Permite el transporte en un mismo buque de cargas que en solitario, por sus características, no pueden mezclarse, ya que los contenedores van sellados e impiden el contacto entre cargas.
- Brinda la posibilidad de transportar cargas refrigeradas sin tener que acondicionar una bodega especial para ello ya que existen TEU auto refrigerados que únicamente necesitan el suministro de energía eléctrica por parte del buque.

Estas son algunas de las ventajas del transporte en contenedores, sin embargo, no todos son puntos favorables. Algunos de los problemas que pueden presentarse en este tipo de embarcaciones son:

- Gran inversión en instalaciones portuarias.
- Necesidad de disponer de tres lotes completos de contenedores por buque, inversión que ha de sumarse a la del propio buque, que ya es más caro que un buque convencional.
- Elimina aquellos clientes que no pueden rellenar completamente un contenedor u obliga al relleno en puerto, con el consiguiente incremento del coste.
- Movilización de muchos contenedores vacíos, que al precisar estibarse en las capas más altas por estabilidad, deben ser manipulados innecesariamente en muchos casos.
- Debido al punto anterior, se requiere de un análisis detallado de la situación más conveniente de cada contenedor en el buque, para reducir así el número de manipulaciones durante el proceso de carga y descarga en cada puerto, lo que implica una inversión adicional en equipos y programas informáticos que faciliten esta tarea.

Dado que las ventajas superan ampliamente a los inconvenientes, el incremento del transporte de cargas en contenedores normalizados, es seguramente el fenómeno más



característico del transporte marítimo de las tres últimas décadas, tanto por el crecimiento del tamaño del buque como por el enorme aumento del tráfico mundial en este tipo de unidad de carga.

El tráfico internacional ha generado buques más grandes que los que pueden transitar por el canal de Panamá, super-PANAMAX y post-PANAMAX, con capacidades superiores a los 5500 contenedores de 20 pies; para aumentar la facilidad de carga y descarga se han introducido los portacontenedores sin cierres de escotilla de carga, también conocidos como tipo “hatchless”, como es el caso de nuestro buque.

Aunque todas las características del buque son importantes, hay algunas que condicionan en mucho el proyecto del buque:

- El número de TEU define la capacidad de carga de estas unidades en el buque. Esta nomenclatura corresponde a las siglas en ingles de “Twenty Equivalent Units”, que es la medida estándar según la eslora de estos elementos. No es la única medida disponible en longitud, existiendo los de 10', 30', 40' y 45' pies. Respecto al ancho, la medida si es exclusivamente la de 8' pies. Por último, el puntal va de los 8' a los 9^{1/2} pies. Puede haber otro tipo de dimensiones, pero éstas son las más características. Hay que apuntar que estas medidas están normalizadas por un reglamento ISO que facilita la reutilización, estiba y almacenaje de dichas unidades. Además, se deduce al llevar este tipo de carga que la definición de la embarcación se llevará a cabo como un buque de volumen.
- El peso muerto del buque define la capacidad de carga útil que puede transportar.
- La autonomía y velocidad da una idea del tipo de motor que se ha de instalar y su régimen de funcionamiento. Un análisis de la autonomía puede llevar a la conclusión del tipo de rutas al que está destinado.



El resto de características irá influyendo a lo largo de la realización del proyecto y ayudarán a la definición de la nave, teniendo en cuenta aspectos importantes como pueden ser la estabilidad, la potencia a instalar, la superestructura a construir, etc.

2 ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO.

Tipo de Buque: Portacontenedores sin escotilla.

Capacidad: 650 TEU'S (50 refrigerados sobre cubierta).

Peso Muerto: 8000 tm.

Sociedad de Clasificación: Bureau Veritas- Cámara desatendida – Un solo hombre en el puente.

Reglamentos: SOLAS, MARPOL.

Velocidad: 18 nudos al 85% MCR.

Autonomía: 5500 millas al 90% MCR y 15% de Margen de Mar.

Tripulación: 17 personas.

Por el número de contenedores que transporta nuestro portacontenedores, parece que su función va encaminada a líneas de alimentación de puertos secundarios ya que no tiene ni suficiente capacidad ni autonomía para cubrir una línea intercontinental.

No se especifica nada sobre medios propios de carga y descarga por lo que vamos a suponer que los aportan los puertos en los que para. Esto supone, desde el punto de vista del astillero, una reducción de los costes y por lo tanto una mejora de la oferta final del producto.

3 PRINCIPALES ASPECTOS DEL PROYECTO

La característica más importante de este tipo de buques es que transportan cargas modulares. Esto afecta principalmente al dimensionamiento inicial ya que las medidas del buque tomarán valores discretos en función de las dimensiones de los contenedores.



Una de las decisiones iniciales más relevantes es el número de contenedores en eslora y manga (bajo y sobre cubierta) que va a llevar el buque. De ellos dependerá en gran medida la estabilidad del buque y su resistencia al avance. También influye en la cantidad de lastre que se puede llevar en la zona de bodegas pues el lastre va situado en el doble caso y su anchura depende de la diferencia entre los contenedores en manga en cubierta y en bodegas. La cantidad de lastre y su distribución en la zona de bodegas repercute en los estados de carga. Si llevamos poco lastre en esa zona, para conseguir la inmersión de la hélice en la situación de navegación en lastre, se tendrán que cargar los tanques de los piques, lo cual produce un aumento de los esfuerzos por quebranto.

Las dimensiones principales del buque deben elegirse de tal forma que se pueda cargar el número de contenedores comentados anteriormente, por lo que vendrán condicionadas en parte por dicho número de contenedores, ya que las dimensiones de la cámara de máquinas y los piques son variables. Los valores de partida se definirán a partir de la base de datos.

El calado dependerá de los puertos en los que haga escala nuestro buque, como no los conocemos elegiremos el calado en función del calado de otros barcos de dimensiones similares.

Otro aspecto decisivo es la situación del puente. Puede estar situado en los extremos de proa o popa, o en la parte central del barco. Lo normal en barcos de estas dimensiones es ponerlo en popa, como haremos en nuestro caso.

Un aspecto que confiere ciertas peculiaridades a este proyecto es la ausencia de tapas de escotilla. Este tipo de buques deben adaptarse a un reglamento particular (“Directrices provisionales para buques portacontenedores sin tapas de escotilla”) que impone algunos condicionantes añadidos. Fundamentalmente se traducen, a grandes rasgos, en que este tipo de buques tienen un puntal mayor que los buques con tapas de escotilla y deben llevar unos equipos de achique más importantes.



4 TIPOS DE BUQUES PORTACONTENEDORES.

A la hora de definir los buques portacontenedores, una primera clasificación es la de dividirlos entre celulares y convencionales. La diferencia entre ambos es que los segundos tienen bodegas despejadas donde podremos asentar los TEU. Las bodegas de los buques celulares estarán equipadas con guías verticales que se cimientan en la estructura de doble fondo del buque y que servirán para facilitar la estiba y desestiba de contenedores eliminando así el uso de fittings necesarios en buques convencionales; en embarcaciones con guías se requiere el adrizado de éstas durante las operaciones de carga y descarga. También es posible la instalación de dichas guías en las escotillas de las bodegas para evitarse el amarre de contenedores y, más aún, existen los portacontenedores denominados “hatchless”, como es nuestro caso, que como su nombre indica no llevan escotillas sino guías desde el plan de bodega a la última capa de carga. En buques de este tipo hay que prestar atención especial al reforzado del doble fondo ya que lleva una gran altura de carga; también se deberá estudiar con detenimiento los equipos de achique de bodegas al estar éstas abiertas.

Otra posible clasificación que se puede hacer es definirlos según la situación de la cámara de máquinas del buque, cuya definición tiene mucho que ver con las condiciones de seguridad de navegación y operación. Así, en grandes buques portacontenedores, se observa que la superestructura está desplazada sobre un 20-30% desde la popa; el motivo de esto es que la eslora del buque y la altura de las capas de contenedores requeriría una superestructura excesivamente alta para cumplir con las reglas de visibilidad para la navegación, y además, acarrearía problemas en las operaciones llevadas a cabo por los tripulantes en las plantas altas (puente de gobierno). Por otra parte, proporciona espacio para la instalación de una bodega en popa aunque la carga y descarga de ésta no será fácil ya que hay que tener en cuenta la altura de operación de las grúas o puentes-grúas. Otra posible solución adoptada es la de trasladar la superestructura a proa, evitándose de este modo los problemas de visibilidad y dejando la cámara de máquinas en popa con guardacalores laterales; esta solución suele ser buena para buques pequeños (menos de 1000 TEU), aunque, como es nuestro caso, en este tipo de buques podemos elegir el situar la superestructura a popa.



En la actualidad, los portacontenedores están creciendo vertiginosamente en capacidad y rapidez motivado por la economía de escala que ello genera al abaratar diversos costes (aduaneros, de transporte, etc.) en un mercado tan competitivo como el de las conferencias de fletes de líneas regulares. Esto motiva que los grandes portacontenedores de hace unos años (entre 4000 y 5000 TEU) se vean desplazados por embarcaciones de mayor capacidad (8500 TEU y proyectos viables de buques de hasta 12000 TEU en un corto plazo de tiempo), lo cual origina que los buques considerados anteriormente como grandes, se destinen a líneas secundarias o feeders y que la renovación de este mercado sea elevada.

5 PROBLEMAS PRINCIPALES DEL PROYECTO Y CRITERIOS APLICADOS PARA SU RESOLUCION.

Las características del buque del proyecto son la causa de sus principales problemas a la hora de diseñarlo. Desde el punto de vista de las dimensiones principales y de la disposición general del buque, hemos considerado que el tamaño de las bodegas viene determinado por las dimensiones de los contenedores que ha de transportar. Esto nos lleva a que las medidas de las bodegas serán más o menos uniformes dependiendo del número de contenedores estibados según la eslora, manga y puntal. Así, la disyuntiva sobre la colocación de una bodega o una columna más, implica el crecimiento de la eslora o manga en distancias que guardan cierta proporcionalidad con las dimensiones de un TEU. También hay que apuntar la necesidad de conseguir unas bodegas lo más rectangulares posibles para facilitar la carga y descarga de los contenedores. Debido a la velocidad de diseño, la potencia a instalar será elevada por lo que la zona de cámara de máquinas ha de tener las dimensiones adecuadas para alojar dicha maquinaria. Por último se ha diseñado la superestructura para alojar a los 17 tripulantes con la suficiente altura para garantizar la visibilidad desde el puente para el correcto gobierno del buque.

Desde el punto de vista hidrodinámico, el buque de proyecto es rápido, 18 nudos en pruebas, por lo que se han de conseguir unas formas suficientemente finas que faciliten el logro de este requerimiento. Debido a esto, este buque tendrá un alto coeficiente



prismático y unas formas de proa con amplios abanicos que por otra parte facilitarán la ubicación de contenedores sobre cubierta pues no todos caben en las bodegas (lo deseable sería que un gran porcentaje de los mismos estuviesen en las bodegas). Debido a las formas afinadas que se han conseguido, hemos ubicado un gran número de contenedores en la zona central del buque para permitir el afinamiento de formas y, en consecuencia, un alto coeficiente de la maestra característico en este tipo de buques.

Aunque la eslora es la dimensión que supone más coste para el proyecto, la velocidad de proyecto hace que ésta sea una media a tomar en cuenta, ya que reduce la resistencia al avance (aunque aumenta la viscosa, pero en menor medida), y así se reduce la potencia propulsora a instalar. Tampoco hemos dudado en la instalación de un bulbo de proa por razones idénticas a las señaladas; por último se estudió la posibilidad de un bulbo en popa, y aunque un astillero siempre es reticente a la instalación del mismo debido a su relación coste/beneficio, se decidió instalarlo para conseguir una buena distribución de estelas.

Desde el punto de vista de la propulsión, en condicionante más importante para establecer propulsión es que alcance la velocidad de especificación de 18 nudos; para ello lo primero que tenemos que hacer es decidir el tipo de motor a elegir, la solución más extendida es la de un motor de 2T y un propulsor de paso fijo. Como ventajas de este tipo de motores están que proporciona una fácil instalación y mantenimiento y un alto rendimiento propulsivo así como una gran robustez; además, facilita el uso de combustibles pesados que rentabilizan la alta inversión inicial. Por el contrario, como inconvenientes, tiene que genera una mayor cantidad de combustibles residuales, tiene un alto peso y requiere de más espacio. La hélice de paso fijo nos dará un mayor rendimiento que la de palas orientables ya que la segunda tiene un cabezote mayor y palas menor y, por las dimensiones del buque, las dificultades constructivas que acarrea no son excesivas. Una posible alternativa al motor de 2T sería el motor de 4T diesel que nos permite acortar la cámara de máquinas en eslora siendo más barato que el de 2T; sin embargo, tenemos el hecho de un mayor coste de mantenimiento derivado de un mayor revolucionado del motor, el mayor consumo de aceite y combustible y la posible necesidad de instalar dos de estos motores para lograr la potencia necesaria con la



consiguiente sobrecarga en la cámara de máquinas, problemas de transmisión, reductoras, etc. Aparte de estas soluciones, están la diesel-eléctrica o los sistemas POD, sin embargo éstos no son de uso corriente en buques de este porte ni en contenedores.

Desde el punto de vista de la generación eléctrica, las necesidades de energía eléctrica del buque han de ser generadas en él. Para ello, es preciso la instalación de, al menos, dos grupos generadores como mínimo que por separado suministren la energía necesaria para los consumos internos. Es habitual instalar tres equipos para tener capacidad de respuesta en caso de averías que puedan presentarse, como ocurre en nuestro proyecto. Habitualmente, le proceso de instalación se realiza evaluando las condiciones de carga eléctrica que se producen en diferentes momentos de la navegación de un buque y según sean, se adquieren los diferentes conjuntos motor-alternador a una cierta firma; es conveniente que sean de una única casa e iguales pues facilita el mantenimiento e intercambio de piezas. Aparte de estos generadores principales, se estudia la instalación de un pequeño generador que cubra las necesidades en el puerto, que serán reducidas pues el buque no posee medios de carga y descarga y no dispone de escotillas, por lo cual se han de contar con medios portuarios para realizar estas operaciones. Este equipo puede ser el generador de emergencia, cuyo uso para esta función es, a veces, permitido por la Administración correspondiente; sin embargo, para nuestro proyecto, usaremos uno de los generadores de los que dispone el buque. Otro consumidor importante es la hélice de maniobra en proa, cuyas necesidades energéticas son elevadas; por ello, se estudiará la conveniencia o no de la instalación de un motor que le suministre energía individualmente.

Desde el punto de vista de la estructura, este tipo de buques se caracteriza por tener una forma de U consecuencia de las necesidades de operatividad (para así facilitar las operaciones de carga y descarga). Por esto, en el diseño de la cuaderna maestra, se ha prestado especial interés al reforzado de las zonas sometidas a mayores solicitaciones. El escantillonado se ha hecho con el programa de la Sociedad de Clasificación MARS 2000. Se han hecho cálculos de torsión por ser nuestro buque de tipo “hatchless”.



Desde el punto de vista de los equipos y sistemas, éstos vienen indicados por la Sociedad de Clasificación y por el reglamento SEVIMAR-SOLAS. De aquí se obtienen los equipos de fondeo, amarre y remolque, salvamento y contraincendios, navegación y demás. Muchos de estos equipos requieren ciertos sistemas en función de la embarcación, sin embargo, las casas suelen vender consolas con todos los sistemas pedidos. El equipo de gobierno es en todos los buques primordial, pero en éste no sólo tenemos el timón para guiar el rumbo sino que además está la hélice de maniobra que como su nombre indica será de gran ayuda en las maniobras de aproximación a muelle. También se pide en la especificación un sistema de automatización y telecontrol para lograr el nivel de cámara desatendida; con ello se pretende reducir el personal a bordo y por tanto el coste. Actualmente estos sistemas están muy desarrollados y se suelen vender como un “todo” con el motor, alojándose los equipos de control en una sala insonorizada y apartados de la cámara desde donde se supervisa toda la instalación.

Desde el punto de vista de los servicios, los más usuales que necesita este tipo de buque y la gran mayoría de los buques mercantes son: servicios de agua de lastre para regular la operatividad del buque, servicios del sistema propulsor, servicios de combustible y aceite, servicio de refrigeración, servicio de achique, servicio de agua dulce, servicio de sentinas y servicio de arranque. Estos son algunos de los servicios necesarios para la adecuada navegación de los buques mercantes.

Desde el punto de vista de la energía, impacto ambiental y contaminación del buque, este tema está muy de moda y se le viene prestando últimamente una gran atención tanto internacionalmente (MARPOL 73/78) como por parte de las Administraciones nacionales, a fin de proteger el entorno marítimo. Nuestro buque de proyecto no es de los más contaminantes debido al tipo de carga que lleva, así que las posibles fuentes de contaminación son debidas al funcionamiento interno de la embarcación y para eso hemos diseñado unos equipos según reglamentos para los distintos residuos que se producen en el buque, los cuales se pueden dividir en residuos líquidos, gaseosos y sólidos.



Por último, desde el punto de vista de la seguridad del buque, uno de los problemas de seguridad al que hay que prestar especial interés en estos buques es el de la sujeción de los contenedores de las capas altas. La pérdida de ellos no sólo genera problemas de estabilidad en el propio buque que pueden llevarlo a zozobrar, sino que es un peligro para otros buques pues una colisión con ellos puede producirles una vía de agua con nefastos resultados. Para solucionar esto se debe prestar especial atención al trincado de los contenedores y realizar una navegación responsable en condiciones de mala mar que minimicen estas pérdidas. En la actualidad, se está trabajando en sónares de superficie, los cuales ya se aplicaban en buques rápidos para la detección de ballenas y colisiones con elementos flotantes como contenedores, troncos, etc. Además se instalarán los medios de seguridad indicados por los reglamentos preceptivos.

6 METODOLOGÍA DEL PROYECTO.

Se parten de las especificaciones de proyecto y de una base de datos construidas a partir de buques similares al nuestro. A partir de ellas obtenemos los márgenes en los que razonablemente se deben mover, de manera discreta, las dimensiones principales del barco. El dato más importante que obtendremos de la base de datos es el de una primera estimación bastante fiable del peso en rosca del buque. Además la base de datos nos servirá de referencia a la hora de elegir y dimensionar los equipos auxiliares del barco.

Una vez obtenido este importantísimo valor de peso en rosca junto con la estimación de la posición del su centro de gravedad, podemos determinar el desplazamiento del buque y los principales coeficientes hidrostáticos para, a partir de ellos, obtener las formas. Se comprueba que las formas obtenidas son capaces de albergar los contenedores proyectados.

Tras realizar los cálculos de arquitectura naval se estima la resistencia al avance de la carena, de manera que pueda elegirse el propulsor y motor adecuados, describiendo el sistema propulsor y sus servicios.



Por otro lado se calcula la resistencia estructural del buque, dimensionando la cuaderna maestra y obteniendo los esfuerzos cortantes y momentos flectores máximos que podrá soportar según el reglamento de la sociedad de clasificación.

Llegado a este punto en que tenemos que elegir la estructura y la propulsión, se realiza una nueva estimación más precisa del peso en rosca, de manera que puedan corroborarse las estimaciones iniciales. Se analizan a continuación las condiciones de carga más extremas que soportará el buque, estudiando su estabilidad intacta y en averías, así como la distribución de esfuerzos cortantes y momentos flectores y otros parámetros.

Por ultimo se hace una descripción detallada de los equipos auxiliares y servicios del buque, así como de la planta eléctrica.

La metodología aplicada para el desarrollo del proyecto ha sido la aplicación de la espiral de proyecto del buque. Tenemos una primera etapa de dimensionamiento en la que no tendremos más información que la de la especificación y algunos buques similares. Tras esta primera aproximación se irán obteniendo más datos que servirán para afinar los resultados iniciales de manera cíclica e iterativa. Siempre que sea necesario volveremos sobre ciertos aspectos ya tratados anteriormente pero con más datos y una mayor precisión de los mismos. Esta es una herramienta conceptual que permite el desarrollo del proyecto de una forma no lineal. Este método admite la posibilidad de utilizar diferentes márgenes sobre ciertas magnitudes críticas como el peso en rosca y lograr un equilibrio entre la fase del proyecto y el esfuerzo necesario para su cálculo.

7 SOLUCIONES ADOPTADAS.

En el desarrollo del proyecto se ha procurado simplificar al máximo los cálculos así como la descripción de los sistemas, equipos y estructura del buque ya que profundizar en éstos llevaría a un trabajo muy extenso y fuera del alcance de este proyecto.



La solución de diseño adoptada en este caso es la de un buque portacontenedores convencional, con estructura en U, superestructura y cámara de máquina en popa, castillo de proa. Respecto a los contenedores se dimensionará para la cabida de las 650 unidades, intentando llevar la mayor cantidad de ellos en bodegas y con un porcentaje de cargados superior al 70%. Se diseñará con bulbos de proa y popa y formas finas pues minimiza la potencia instalada. A medida que avance el proyecto se irán concretando una serie de puntos como puede ser el tipo de motor, energía de la hélice, etc.

8 CONCLUSIONES.

El proyecto fin de carrera permite la aplicación de una importante cantidad de conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera así como enfrentarnos a problemas que puede tener similitud a los nacidos en un proyecto comercial. Se puede resaltar la gran cantidad de cálculos empíricos a realizar y el apoyo en buques que han demostrado su valía durante su uso.

El proyecto de un buque de estas características facilita la aplicación de un conjunto de herramientas y procedimientos muy distintos y con un diferente grado de aproximación y validez que nos han de permitir conocer, con un grado cada vez mayor de exactitud, las características del buque.

9 HERRAMIENTAS DE TRABAJO

Como herramientas de trabajo, además de la bibliografía reseñada en el siguiente apartado, se han empleado los siguientes programas informáticos:

- Microsoft Word 2003/2007
- Microsoft Excel 2003/2007
- AUTOCAD 2007
- Foran versión v50R2.0
- HOLTROP (programa desarrollado en la cátedra de motores de la ETSIN).



- MARS 2000 (Programa de la Sociedad de Clasificación BV para el cálculo de las estructuras).

10 BIBLIOGRAFIA.

- Significant Ships of 1990-2005
- Revistas Ingeniería Naval 1990-2005
- Apuntes de Proyectos
 - Manuel Meizoso Fernández
 - ETSIN, Septiembre 1997
- El proyecto básico del buque mercante
 - Ricardo Alvariño Castro
 - Juan Jose Aspiroz Aspiroz
 - Manuel Meizoso Fernández
 - 1997
- Ecuación del desplazamiento. Peso en rosca y peso muerto
 - Manuel Meizoso Fernández
 - Jose Luis García Garcés
 - ETSIN, Junio 2000
- Proyectos de Formas
 - Jose F. Núñez Basáñez.
 - ETSIN
- Construcción Naval I. Volumen IV
 - Francisco Fernández González
 - ETSIN.
- Equipos y Servicios. Volúmenes II, III, IV.
 - Eduardo Comas Turnes
 - ETSIN.
- Electricidad Aplicada al Buque. Diseño general de la planta eléctrica.
 - Amable López Piñeiro
 - ETSIN
- Convenio SOLAS



- Rules and Regulations for the Classification of Ships. BUREAU VERITAS. Edition 2003
- Convenio Internacional sobre las líneas de carga máxima de 1966, con sus correspondientes enmiendas aprobadas posteriormente.
- Convenio Internacional sobre Arqueo de Buques de 1969.

**INDICE:**

1	INTRODUCCIÓN.....	4
2	BASE DE DATOS.	4
3	COEFICIENTES DE MERITO.....	5
4	PESO EN ROSCA	6
5	MÁRGENES DE LAS PRINCIPALES RELACIONES	7
6	BUQUE PROMEDIO	7
7	MAQUINARIA AUXILIAR.....	8
8	DIMENSIONES PRINCIPALES.....	8
8.1	MANGA	9
8.2	ESLORA	10
8.3	PUNTAL	12
9	CALCULOS PREVIOS DE ESTABILIDAD	13
10	CALCULO DE COEFICIENTES	13
10.1	COEFICIENTE DE BLOQUE Y CALADO DE PROYECTO.....	13
10.2	COEFICIENTE DE LA MAESTRA	14
10.3	COEFICIENTE PRISMÁTICO	14
10.4	COEFICIENTE DE LA FLOTACIÓN	15
10.5	POSICIÓN LONGITUDINAL DEL CENTRO DE CARENA.....	15
11	DEFINICION DE LAS ALTERNATIVAS.....	15
12	CÁLCULO DE LA POTENCIA PROPULSORA INICIAL	17
13	CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE SERVICIO	18
14	CÁLCULOS PREVIOS DEL PESO MUERTO	20
14.1	TRIPULACIÓN	20
14.2	COMBUSTIBLE.....	21
14.3	ACEITE.....	22
14.4	AGUA DULCE	23
14.5	VÍVERES	23
14.6	CARGOS Y PERTRECHOS	24
14.7	ELEMENTOS DE ESTIBA	24
14.8	CARGA.....	25
14.9	LASTRE.....	25
14.10	TANQUES ANTIESCORA	25



15	ESTABILIDAD TRANSVERSAL.....	25
15.1	ALTURA DEL CENTRO DE CARENA KC.....	26
15.2	ALTURA METACÉNTRICA CM	27
15.3	CALCULO DE KG MÁXIMO TEÓRICO.....	27
15.4	ALTURA DEL CENTRO DE GRAVEDAD KG	27
15.5	COMPARACIÓN DE VALORES DE ESTABILIDAD.....	28
15.6	CÁLCULO DEL TRIMADO	29
16	CALCULO DEL FRANCOBORDO GEOMETRICO.....	30
16.1	FRANCOBORDO TABULAR	30
16.2	CORRECCIÓN POR ESLORA	31
16.3	CORRECCIÓN POR COEFICIENTE DE BLOQUE	31
16.4	CORRECCIÓN POR PUNTAL	31
16.5	CORRECCIÓN POR SUPERESTRUCTURAS.....	32
16.6	CORRECCIÓN POR ARRUFO.....	33
16.7	FRANCOBORDO GEOMÉTRICO	33
17	CONCLUSION	35
18	ANEXOS	35





1 INTRODUCCIÓN.

En este cuadernillo vamos a definir las dimensiones principales del buque y sus coeficientes más representativos. Para definir estos valores tenemos que usar las características de nuestro buque, las cuales son:

Tipo de Buque: Portacontenedores sin escotilla.

Capacidad: 650 TEU'S (50 refrigerados sobre cubierta).

Peso Muerto: 8000 tm.

Sociedad de Clasificación: Bureau Veritas- Cámara desatendida – Un solo hombre en el puente.

Reglamentos: SOLAS, MARPOL.

Velocidad: 18 nudos al 85% MCR.

Autonomía: 5500 millas al 90% MCR y 15% de Margen de Mar.

Tripulación: 17 personas.

2 BASE DE DATOS.

Para realizar la búsqueda de buques similares al nuestro, obtendremos los datos de diversas revistas especializadas como por ejemplo: Significant Ships, Arquitectura Naval, etc. Los buques que usaremos serán aquellos construidos posteriormente a 1990 y hasta la actualidad con un número de contenedores similar al nuestro. Debido al escaso número de buques portacontenedores sin escotilla, y que en la mayoría de los casos no se indica esa característica, la base de datos se realizará con buques portacontenedores con escotilla y sin ella. Para buques con una capacidad muy diferente a la nuestra (los hay desde 300 hasta 1100 TEU'S), comprobaremos que no falsean los resultados obtenidos.



La base de datos se muestra en el *Anexo I*, usando la siguiente nomenclatura:

Nombre	Nombre del buque
Año	Año de construcción del buque
L	Eslora entre perpendiculares (m)
B	Manga (m)
D	Puntal (m)
T	Calado (m)
PM	Peso muerto (t)
PR	Peso en rosca (t)
Δ	Desplazamiento (t)
TEUS	Número de contenedores de 20 pies
NB	Número de contenedores bajo cubierta
NS	Número de contenedores sobre cubierta
BHP	Potencia del motor principal (bhp)
V	Velocidad de servicio (nudos)
FN	Número de Froude

3 COEFICIENTES DE MERITO.

A la hora de estudiar y evaluar nuestra base de datos definiremos los siguientes coeficientes de mérito:

$$C_1 = \text{NB} / \text{LBD}$$

$$C_2 = \text{TEU} / \text{LBD}$$

$$C_3 = \text{BHP} / (V^3 \cdot \Delta^{2/3})$$

$$C_4 = (\text{PM} \cdot V) / \text{BHP}$$

Los cuales nos representan:

C_1 representa el aprovechamiento de las bodegas del buque; C_2 representa el aprovechamiento del buque; C_3 es un indicativo de la propulsión, o lo que es lo mismo,



de los costes de explotación del buque; C_4 se refiere a la capacidad de carga y de su transporte.

La mejor opción para nuestro buque será la siguiente: en primer lugar dentro de las alternativas elegiremos aquellas que nos den el máximo valor posible de C_1 . A continuación, deberemos elegir aquellas alternativas que tengan valores máximos de C_2 así como C_4 sea lo máximo posible y C_3 lo mínimo posible. Esto es un modo de calcular las mejores alternativas que disponemos para nuestro buque.

4 PESO EN ROSCA

Como observamos, no disponemos del peso en rosca en todos los buques de nuestra base de datos. Para poder disponer de dicho valor podemos seguir 2 métodos:

En el primer método lo que haremos es hacer una aproximación mediante una regresión lineal con los buques de los que sí disponemos del peso en rosca. Para ello usaremos el valor producto de las tres dimensiones del buque “L·B·D” así como el peso en rosca obteniendo de ese modo la recta de regresión para calcular el peso en rosca, la cual será:

$$PR = 354,45 + 0,1479 \cdot LBD$$

En el segundo método que podríamos usar, utilizaremos la expresión propuesta en la asignatura de Proyectos que dice:

$$PR = 0,02144 \cdot L^{1,5} \cdot B \cdot D^{0,5} + 7,9999 \cdot MCO^{0,49855} + 0,03775 \cdot L \cdot B \cdot D$$

Si al final de cuaderno aplicamos ambas fórmula a nuestra alternativa final, observamos unas diferencias entre ambos resultados superiores al 10%. En nuestro caso usaremos el primer método ya que estos valores del peso en rosca son más fiables al haber sido obtenidos de otros buques ya construidos y que por lo tanto han sido obtenidos en la realidad. Los pesos en rosca obtenidos de este modo están marcados en rojo en el *Anexo I* en la columna PR.



Una vez obtenido el valor del peso en rosca a partir de esta recta obtenemos el valor del desplazamiento de los buques como suma del peso en rosca y del peso muerto.

La posición del centro de gravedad del peso en rosca se calculará mediante las fórmulas propuestas por el profesor D. Manuel Meizoso Fernández que nos dicen:

$$ZR = 0,642 \cdot D + 1,02$$

$$XR = 0,416 \cdot L$$

Todo ello medido en metros.

5 MÁRGENES DE LAS PRINCIPALES RELACIONES

Se calculan las relaciones entre las principales dimensiones de los buques conocidos.

Las relaciones que hacen referencia a las cualidades hidrodinámicas y de resistencia longitudinal son L/B y L/D. Por lo tanto son las más importantes.

	T	L/B	L/D	B/D	B/T	T/D	TEUS/LBD
Máximo	9,5	6,43	13,41	2,27	3,31	0,80	0,0364
Mínimo	6	4,51	6,61	1,43	2,36	0,43	0,0118
Medio	7,5	5,70	11,1648	1,9552	2,7776	0,71	0,0261

6 BUQUE PROMEDIO

Para un primer cálculo de nuestro buque promedio vamos a generar un sistema de 3 ecuaciones con 3 incógnitas que serán las 3 dimensiones principales, tomando los datos medios de la tabla anterior:



Como nuestro buque es de 650 TEU's tenemos las ecuaciones:

$$L/B=5,7$$

$$L/D=11,1648$$

$$650/LBD=0,0261$$

De este sistema obtenemos unos valores para nuestro buque:

$$L=116,6$$

$$B=20,46$$

$$D=10,44$$

Que son valores muy parecidos a los buques de 650 TEUS que tenemos en la base de datos (Angola y Secil Angola).

7 MAQUINARIA AUXILIAR

Las distintas máquinas auxiliares relativas a nuestra base de datos se podrán encontrar en el *Anexo II*

8 DIMENSIONES PRINCIPALES

En buques portacontenedores ocurre que las cargas son modulares, esto implica que las magnitudes que vamos a calcular en este apartado vienen dadas por la disposición de los contenedores como veremos a continuación.

Estas dimensiones van a estar definidas en función del número de contenedores en eslora, en manga y en puntal. Como no sabemos aún cual va a ser el número de contenedores en cada una de estas dimensiones lo que vamos a hacer es dar distintas alternativas basándonos en la disposición de los buques con un número de contenedores similar al nuestro. Una vez comprobados los buques de la base tenemos los siguientes rangos de contenedores:



En el número de contenedores en eslora hay que considerar en este caso que vamos a dimensionar las bodegas de tal modo en cada bodega quepan 2 contenedores en eslora por lo que el número de contenedores en eslora será un número par; con esto tenemos que bajo cubierta se podrán tener:

Número de contenedores en eslora:	8 – 10 – 12 – 14
Número de contenedores en manga:	5 – 6 – 7 – 8
Número de contenedores en puntal:	3 – 4 – 5 – 6

8.1 MANGA

Normalmente, para el cálculo de la manga en primer lugar tendremos que diferenciar entre la manga bajo cubierta y la manga sobre cubierta. Sin embargo, al ser un buque portacontenedores sin escotillas, el valor de la manga bajo cubierta y sobre cubierta será el mismo. Para la manga bajo cubierta (y por lo tanto también para la manga sobre cubierta) debemos seguir la siguiente pauta:

- Tomamos como separación entre 2 TEUs el valor de 60 mm. (este valor está comprendido entre 60 y 75 mm.).
- El ancho de un TEU es de 2438 mm.
- Tomamos un margen de brazola de 200 mm. siendo dicho margen la distancia entre los contenedores mas próximos a los costados del buque y el mamparo de separación entre la bodega y el doble casco.
- Como anchura de los tanques del doble casco elegimos el valor de 1500 mm. (este valor está comprendido entre 1500 y 2000 mm.)

Con todos estos valores tendremos que la manga bajo cubierta será:

$$B_{bc} = N_b * 2438 + (N_b - 1) * 60 + 2 * (1500 + 200)$$

Siendo N_b el número de contenedores que situamos en relación a su manga.



Considerando las distintas alternativas según el número de contenedores en manga tendremos:

Altern	BBC	D Casco	BDCON	GBC	Guías	B
1	5	1500	2438	200	60	15830
2	6	1500	2438	200	60	18328
3	7	1500	2438	200	60	20826
4	8	1500	2438	200	60	23324

8.2 ESLORA

Para el cálculo de la eslora debemos tener en consideración que dicho valor se va a dividir en cuatro sumandos del siguiente modo:

$$L_{pp} = L_{RPopa} + L_{CM} + L_{RProa} + L_{Bodega}$$

Siendo:

L_{pp}	eslora entre perpendiculares
L_{RPopa}	eslora del rasel de popa
L_{CM}	eslora de la cámara de máquinas
L_{RProa}	eslora del rasel de proa
L_{Bodega}	eslora de la bodega de carga.

L_{RProa} viene definido por SOLAS y su valor oscila entre un 5 y un 8% de la Eslora, tomamos un valor el cual vendrá determinado por la clara de cuadernas; tomando un 6,5% de la eslora.

L_{RPopa} en principio no tiene longitud fija, se tomará teniendo en cuenta buques similares y la clara entre cuadernas que definamos.

L_{CM} se puede obtener a partir de L_{pp} y de la potencia del buque mediante la fórmula (válida para buques con cámara de máquinas en popa):



$$L_{CM} = 0,102 * L_{pp}^{0,94} + 0,273 * P_n^{0,375}$$

Sin embargo, el valor de la potencia (P_n) del buque no lo conocemos aún con lo que tomaremos que el valor de L_{CM} será de un 14,5% de la L_{pp} , lo cual lo hemos estimado a partir de buques similares.

Ahora bien, para poder estimar estos valores debemos en primer lugar calcularnos el valor de la clara entre cuadernas. Esto es debido a que debemos hacer coincidir el comienzo y fin de los piques de proa y popa con cada bodega y con la cámara de máquinas. Normalmente tendremos que la clara de cuadernas en los piques de proa y popa y en la cámara de máquinas es algo mayor a la clara que tendremos en las bodegas. Los valores de dichas claras estarán comprendidos entre 600 y 800 mm. Para nuestro caso elegiremos las siguientes claras:

Piques de proa y popa y cámara de máquinas:	Clara de 610 mm.
Bodegas de carga:	Clara de 700 mm.

Por último tenemos que definir la longitud de las bodegas.

$$L_c = (GLM + GLA + LCON + GLM) * NHOL + (LMRO * NHOL - 1)$$

$NHOL$ = N° de Bodegas.

$LCON$ = 12,190 m Eslora de contenedor de 40' o dos de 20'.

$LMRO$ = 1,8 m eslora entre mamparos transversales de bodegas.

GLA = 110 mm huelgo entre contenedores.

GLM = 150 mm huelgo entre contenedor y mamparo transversal.

$$L_{bod} = (GLM + GLA + LCON + GLM) = 12,6 \text{ m}$$



Considerando las distintas alternativas según el número de contenedores en eslora tendremos:

Altern	LBC	LMRO	NºBod	LBod	Lc	Ler	Lap	Lfp	Lpp
1	8	1890	4	12600	55800	11400	4200	5400	77070
2	10	1890	5	12600	70200	13800	4800	6600	96360
3	12	1890	6	12600	84600	16800	6000	7800	115650
4	14	1890	7	12600	99000	19800	7200	9000	135540

8.3 PUNTAL

Al igual que en las dos dimensiones anteriores, el puntal se definirá en función de los contenedores estibados verticalmente. Si nos fijamos en buques de similares características de nuestra base de datos, el número de contenedores en altura varía entre 4 y 5. De todos modos, para no excluir ninguna posibilidad, haremos un estudio para un número de 3 y 6 contenedores en altura.

El puntal lo podremos definir a partir de buques similares del siguiente modo:

- Tomamos como altura del doble fondo 1300 mm (D_{DF}).
- El huelgo entre el primer contenedor y el doble fondo será 80 mm. (D_{DF-T})
- El huelgo entre 2 contenedores será 25 mm. (D_{T-T})
- La altura de los TEUs será 2590 mm para los de 8½ pies y 2742 para los de 9 pies.

Hemos tomado dos tipos de contenedores al dimensionar el buque para que así sea menos restrictivo el uso del mismo. Nuestro rango de variación será entre 8½ y 9 pies.

Con todos estos valores tendremos que el puntal será:

$$D = D_{DF} + D_{DF-T} + 2590 * N_{8\frac{1}{2}} + 2742 * N_9 + D_{T-T} * (N-1)$$



Siendo, N el número total de contenedores en relación a su puntal, $N_{8\frac{1}{2}}$ el número de contenedores de 8½ pies y N_9 el número de contenedores de 9 pies siendo estos valores relativos a su puntal.

Considerando las distintas alternativas según el número de contenedores en eslora tendremos:

Altern	NC	Ddf	Ddf-T	Dt-t	D1	D2	N1	N2	D
1	3	1300	80	25	2590	2742	2	1	9352
2	4	1300	80	25	2590	2742	2	2	12119
3	5	1300	80	25	2590	2742	2	3	14886
4	6	1300	80	25	2590	2742	2	4	17653

9 CALCULOS PREVIOS DE ESTABILIDAD

Los estados de carga de nuestro buque van a estar condicionados por 3 factores: el peso muerto y el número máximo de contenedores, los cuales conocemos de las características de nuestro buque (8000 tm y 650 Teus), y la estabilidad del buque. Este último factor va a depender de las dimensiones del buque las cuales aún están por determinar.

10 CALCULO DE COEFICIENTES

10.1 COEFICIENTE DE BLOQUE Y CALADO DE PROYECTO

Para cada una de las alternativas que elegiremos tenemos una L_{pp} y una B calculadas, que son necesarias junto con el calado de proyecto para determinar el coeficiente de bloque. Tendremos que tras determinar uno de los otros dos el otro ya queda determinado:

$$C_b = \frac{PR + PM}{1,025 \cdot L_{pp} \cdot B \cdot T_p}$$



De esta fórmula concluimos que el coeficiente de bloque va a depender de las dimensiones principales del buque.

Podemos obtener también el valor de C_b mediante la comparación en la base de datos de los valores de éste frente al número de Froude, teniendo la recta de regresión:

$$C_b = -0,4621 \cdot F_n + 0,8109$$

Mediante esta fórmula se calculan los C_b para las distintas alternativas. Será un valor de referencia para calcular la potencia necesaria en nuestro buque, pero que puede variar al realizar los cálculos de estabilidad transversal.

Una vez hallado el coeficiente de bloque, podemos hallar el calado haciendo uso de la primera fórmula.

10.2 COEFICIENTE DE LA MAESTRA

Un valor inicial puede ser el dado en el libro de Proyecto del buque mercante:

$$C_m = 1 - 0,062 \cdot F_n^{0,792}$$

Posteriormente se calculará con mayor precisión. Esta primera aproximación deberá estar próxima a 0,98.

10.3 COEFICIENTE PRISMÁTICO

Es el cociente entre el coeficiente de bloque y la maestra.

$$C_p = \frac{C_b}{C_m}$$



10.4 COEFICIENTE DE LA FLOTACIÓN

Tiene influencia en la resistencia hidrodinámica y en la estabilidad inicial.

$$C_f = 0,248 + 0,778 * C_p$$

Al igual que con C_b , usaremos esta fórmula para obtener un valor de la potencia propulsora pero al estar este valor ligado al GM, ambos pueden sufrir variación cuando se calcule la estabilidad de cada alternativa. Deben tener un coeficiente de flotación apropiado para permitir un alto número de contenedores estibados sobre cubierta.

10.5 POSICIÓN LONGITUDINAL DEL CENTRO DE CARENA

Este valor vendrá dado de tal modo que el centro de carena esté situado donde haga mínima la resistencia al avance. Según Troost la abcisa de ese punto en % de la eslora, tomada desde la maestra, es:

$$X_{cc} = 17,5 * C_p - 12,5$$

Aún teniendo esta fórmula, hay que tener en cuenta la distribución longitudinal de los pesos para definir este valor. Sin embargo, a estas alturas del proyecto, nos basaremos únicamente en esta fórmula para el cálculo de la X_{cc} . Este dato luego se tiene que verificar al tener en cuenta el trimado del buque.

11 DEFINICION DE LAS ALTERNATIVAS

Una vez definidas todas las dimensiones principales así como sus diversos coeficientes, comenzamos a definir todas las alternativas posibles de buques:



Como ya vimos a la hora de definir las dimensiones principales tenemos las siguientes alternativas si nos basamos en el número de contenedores que situaremos en las 3 dimensiones principales del buque:

Número de contenedores en eslora (LBC): 8 – 10 – 12 – 14

Número de contenedores en manga (BBC): 5 – 6 – 7 – 8

Número de contenedores en puntal (DBC): 3 – 4 – 5 – 6

Tomando todas las posibilidades con estos valores, nos aparecen 64 alternativas diferentes cuyos valores más significativos podemos ver en el *Anexo III*:

En primer lugar nos basaremos en las relaciones entre sus dimensiones principales; para ello veremos las relaciones entre las mismas: L/B, L/D, B/D, B/T y T/D y las compararemos con las relaciones máximas y mínimas de nuestra base de datos calculadas en un apartado anterior. Todas aquellas alternativas que estén fuera o muy próximas a los límites en cualquiera de las relaciones serán automáticamente descartadas.

Una vez realizado este primer filtro nos quedaremos con dos posibilidades que son el número 41 y 42 de las que ponemos sus principales valores y coeficientes una vez aplicadas las fórmulas.

Altern	Lpp	Lf	B	D	TEUS BOD	TEUS CUB	PR	Δ	FN	CB	CM	CP	CF	T
41	115650	117385	20826	9352	252	398	3686	11686	0,2749	0,6931	0,9777	0,7089	0,8213	6830
42	115650	117385	20826	12119	326	324	4671	12671	0,2749	0,6977	0,9777	0,7136	0,8249	7357

Una vez reducidas las 64 alternativas primeras a estas 2 vamos a realizar un esquema de la disposición de los contenedores en el buque para cada una de ellas (ver *Anexo IV*).

En dicho esquema se comprueba que el número de contenedores en manga es el mismo bajo cubierta que sobre cubierta. Esto es debido a que nos encontramos ante un



portacontenedores sin escotillas, por lo que es mucho más cómodo realizarlo de ese modo para tener un paso sobre cubierta para la tripulación.

12 CÁLCULO DE LA POTENCIA PROPULSORA INICIAL

Para hallar una aproximación a la potencia propulsora necesaria, usaremos el método Holtrop. El cálculo se ha realizado mediante un programa informático. Además se han usado los siguientes datos y suposiciones:

- a) El buque navega sin trimado.
- b) Suponemos el buque con bulbo a proa como poseen este tipo de buques.

Los valores para este elemento vienen dados por las fórmulas:

$$A_{tb} = 40 * F_n - 3,5$$

$$\frac{H_x}{T} = 0,45$$

Siendo:

A_{tb} el área transversal del bulbo

H_x la altura del punto de protuberancia máxima

- c) Tomamos como eslora de flotación L_f un 1,5% mayor que la eslora entre perpendiculares.
- d) Tomamos inicialmente que la hélice gira a 110 r.p.m.
- e) Suponemos el rendimiento mecánico entorno al 0,98, cuatro palas en la hélice y un rendimiento propulsivo de 0,68.
- f) El buque posee formas en U moderadas.
- g) No posee espejo a popa sumergido.
- h) El semiángulo de ataque lo suponemos de 13 °.
- i) Suponemos la densidad del agua salada es de 1025 Kg/m³, la rugosidad del casco de 150 micras y la viscosidad cinemática del agua de 1,1883·10⁻⁶ m²/s.



Para cada alternativa tendremos los valores siguientes:

	EHP	BHP	MCR
Altern. 41	6874	10109	11893
Altern. 42	7278	10703	12592

Estos resultados vienen presentados en el *Anexo V*.

13 CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE SERVICIO

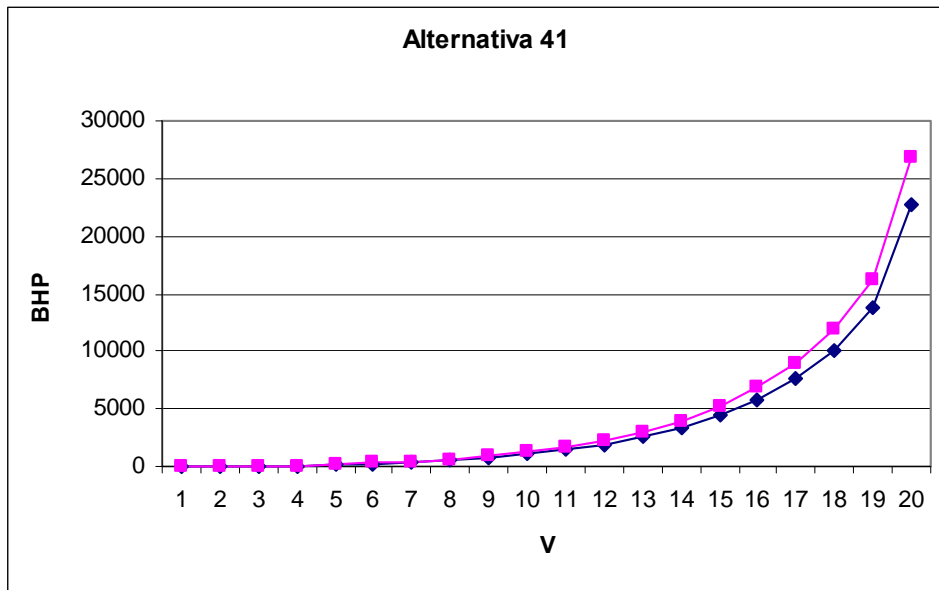
La velocidad de servicio se define como la velocidad al 90% de la potencia máxima continua teniendo en cuenta un margen del 15% por el estado de la mar. Para calcularla se procede del siguiente modo:

En primer lugar calculo, para cada alternativa, la curva de BHP por el método Holtrop considerando un rendimiento propulsivo del 0,68 (realizado en el apartado anterior).

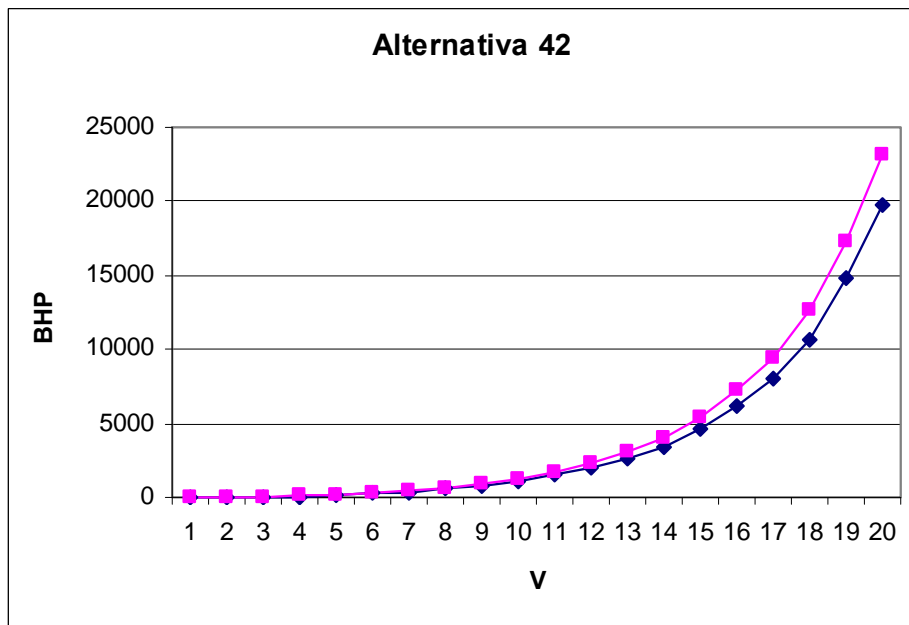
Calculamos el BHP de servicio dividiendo el BHP en pruebas por 0,85 para incluir el efecto del mar (MCR).

Multiplicamos el valor de MCR por 0,9 y entramos con ese valor en las curvas de potencia frente a velocidad y obtengo, donde corte con la curva de potencia de servicio, la velocidad de servicio.

Para las distintas alternativas obtenemos estas gráficas y estos valores de la velocidad de servicio:



Velocidad de servicio: **17,60 nudos**



Velocidad de servicio: **17,61 nudos**



Resumiendo tendremos:

Alternativa	Velocidad de Servicio
41	17,60 Kn
42	17,61 Kn

14 CÁLCULOS PREVIOS DEL PESO MUERTO

De acuerdo a los datos iniciales, el valor del peso muerto de nuestro proyecto es de 8000 tm. Tomaremos el eje X como la eslora del buque y el eje Z como su puntal, con origen ambos a popa y abajo.

14.1 TRIPULACIÓN

La tripulación la componen 17 personas, pudiendo llevar cada uno entre 100 a 125 Kg. Tomaremos como valor por persona 115 Kg. quedando:

$$P_{mt} = 115 \cdot 17 = 1955 Kg$$

La tripulación irá en la superestructura, luego allí situaremos su centro de gravedad. Consideraremos que el ZG se encuentra a la mitad de la altura total de la superestructura con lo que tendremos:

$$ZG = D + \frac{Hse}{2}$$

D es el puntal

Hse es la altura total de la superestructura



14.2 COMBUSTIBLE

Antes de calcular el peso del combustible en sí tendremos que saber cuantas horas de autonomía debe tener el buque. Esto se hará del siguiente modo:

Conocemos que la autonomía es de 5500 millas al 90 % del MCR y con un 15% de margen del mar y considerando como velocidad la de servicio calculada anteriormente. Para tener una idea aproxima de la autonomía supondremos un valor de 18 nudos:

Tendremos que la autonomía en horas será:

$$Horas = \frac{5500}{18} = 305,55 = 306h \approx 13días$$

Recordar que esta es una autonomía aproximada. Para cálculos posteriores usaremos las velocidades de servicio de cada alternativa.

Una vez calculada la autonomía comenzamos con el estudio del combustible:

El consumo de combustible del motor principal será de 150 g/(BHP·h); sin embargo para añadir el consumo de los motores auxiliares supondremos que el consumo de combustible será de 180 g/(BHP·h). Teniendo en cuenta que en la situación de carga con menos combustible el buque debe llegar a puerto con un 10% de éste, tendremos que el total necesario se debe incrementar en un 10% para disponer de ese combustible de más.

La capacidad de los tanques será:

$$P_{HFO} = Horas \cdot 1,1 \cdot BHP \cdot C_e$$



Siendo:

P_{HFO} el peso del combustible

Horas la autonomía en horas

BHP la potencia instalada

C_e consumo específico en Kg

Por lo tanto tenemos un volumen de combustible de:

$$V_{HFO} = \frac{P_{HFO}}{\rho}$$

Siendo ρ la densidad del combustible pesado.

Los tanques de combustible estarán situados en los espacios entre bodegas, por lo que ZG será:

$$ZG_{HFO} = DDF + \frac{D - DDF}{2}$$

Siendo D el puntal y DDF la altura del doble fondo.

14.3 ACEITE

El consumo de aceite se encuentra entre el 3% el 4% del consumo de combustible del motor principal. Tomamos un valor de 3,5%.

$$P_{ac} = 0,035 \cdot P_{HFO}$$



Ya se ha tenido en cuenta el 10% de margen al tenerlo en cuenta el valor final del combustible. El aceite estará situado en el doble fondo bajo el motor principal.

$$ZG_{ac} = DDF$$

14.4 AGUA DULCE

Se tiene un consumo de 150-250 litros por persona y día. Tomaremos un valor de 150 litros /(persona-día). Por lo tanto tenemos:

$$V_{adsanitaria} = 150 \cdot 17 \cdot 13 \cdot 1,1 = 36465l$$

Este valor correspondería al agua dulce sanitaria, para incluir otras cantidades de agua que vamos a necesitar tomaremos que el peso del agua dulce del buque estará entre 40 y 50 toneladas, en nuestro caso elegimos 40 toneladas.

Y un ZG que podremos situarlo por ejemplo en la cámara de servomotor con lo que tendremos:

$$ZG_{ac} = \frac{DDF + D}{2}$$

14.5 VÍVERES

Suponemos un consumo de 5 Kg/(persona-día) y su ZG se localiza en la superestructura:

$$P_v = 5 \cdot 17 \cdot 13 \cdot 1,1 = 1215,5Kg$$



Aparte de este peso existen otra serie de víveres que no vienen aquí incluidos y que sumados a este peso nos da un peso entre 3 y 5 toneladas. En nuestro caso elegiremos un término medio de 4 toneladas

$$P_v = 4000Kg$$

Su ZG estará en la superestructura. Si lo consideramos a la altura de la cubierta principal:

$$ZG_{ac} = D$$

14.6 CARGOS Y PERTRECHOS

El peso de los distintos cargos y pertrechos estará comprendido entre las 5 y 10 toneladas. En nuestro caso suponemos que el buque tendrá 5 toneladas.

El ZG lo suponemos en la parte baja de la superestructura

$$ZG_{ac} = D$$

14.7 ELEMENTOS DE ESTIBA

El peso de los elementos de estiba estará comprendido entre las 20 y 30 toneladas. En nuestro caso suponemos que el buque tendrá 20 toneladas.

El ZG lo supondremos sobre la cubierta

$$ZG_{ac} = D$$



14.8 CARGA

El peso de la carga será el siguiente:

Consideramos que el peso de los contenedores está comprendido entre 13 y 14 toneladas. En nuestro caso elegimos la opción de 13 toneladas.

Para el cálculo del ZG se supondrá que el centro de gravedad de los contenedores estará al 45% de su altura.

14.9 LASTRE

Los tanques de lastre estarán situados en los tanques laterales del doble casco así como en el doble fondo del buque. El lastre viene íntimamente ligado al peso de la carga ya que el peso de ambos debe ser tal que sumado con todas las partidas anteriores lleguemos al peso muerto de 8000 Tons. definido para nuestro proyecto. El lastre simplemente nos dice lo que necesitamos para llegar a ese peso muerto, pero teniendo siempre presente que hay que hacer lo posible para minimizar este peso.

14.10 TANQUES ANTIESCORA

Debido al tamaño de nuestro buque y al número de contenedores que disponemos se ha decidido el no incluir tanques antiescota en el proyecto al considerar que no son necesarios para el mismo.

El desglose del peso muerto y del peso en rosca para cada una de las alternativas elegidas podemos encontrarlo en el *Anexo VI*.

15 ESTABILIDAD TRANSVERSAL

Para poder llegar a una estimación de la estabilidad deberemos valernos de unas fórmulas aproximadas y de la posición del metacentro del buque así como de los centros de gravedad de los pesos en rosca y del peso muerto.



Al estar en una primera fase del proyecto el valor obtenido del GM no será el exacto, sin embargo con este valor aproximado podremos ir aceptando o rechazando diversas alternativas.

En primer lugar tenemos la ecuación básica de la estabilidad que nos determina la altura metacéntrica GM

$$GM = KM - KG$$

Ahora bien:

$$KM = KC + CM$$

En esta fórmula nos encontramos con 2 sumandos: KC y CM.

Suponemos para los cálculos que GM es el 5% de la manga.

15.1 ALTURA DEL CENTRO DE CARENA KC

Para este cálculo suponemos que KC va a ser proporcional al calado del buque según la expresión

$$KC = C_1 \cdot T$$

Siendo C_1 un valor que se obtiene de la fórmula de Benson:

$$C_1 = 0.35 \cdot \left(\frac{C_b}{C_f} \right)^2 - 0.8324 \cdot \left(\frac{C_b}{C_f} \right) + 0.9912$$



15.2 ALTURA METACÉNTRICA CM

Para este cálculo uso la fórmula siguiente:

$$CM = \frac{C_2 \cdot B^2}{12 \cdot C_b \cdot T}$$

Obteniéndose C_2 mediante la expresión de Dankwardtz

$$C_2 = 0.64 \cdot C_f^2 + 0.4744 \cdot C_f - 0.0955$$

Teniendo CM y KC obtengo KM con lo que para tener el valor de GM tan solo debemos tener el KG.

15.3 CALCULO DE KG MÁXIMO TEÓRICO.

En primer lugar vamos a definir un valor máximo teórico que puede alcanzar nuestro KG para así poder calcular cual será el porcentaje máximo de carga de nuestro buque. Para ello tendremos que definir el GM mínimo de nuestro buque, el cual consideraremos como el 5% de la manga del buque.

Conociendo el GM mínimo y el valor de KM, obtengo el valor de KG máximo de cada alternativa.

15.4 ALTURA DEL CENTRO DE GRAVEDAD KG

Para el cálculo de este valor tendremos que tener los valores del peso muerto, peso en rosca así como la posición de su centro de gravedad. Todos estos valores ya los hemos calculado anteriormente con lo que tendremos que:

$$KG = \frac{PM \cdot Z_{PM} + PR \cdot Z_{PR}}{PM + PR}$$



15.5 COMPARACIÓN DE VALORES DE ESTABILIDAD.

Hallamos los valores para la totalidad de contenedores cargados (100% de carga), es decir para los 650 TEUs.

Calculo de estabilidad para 13 T		
Alternativa	41	42
B	20826	20826
T	6830	7357
CB	0,6931	0,6977
CF	0,8213	0,8249
C1 (Benson)	0,5380	0,5375
C2 (Dankwardtz)	0,7259	0,7313
KC	3674	3955
CM	5543	5150
KM	9217	9104
GM min	1041	1041
KG max	8176	8063
KG real	11274	11801

Como podemos observar, el KG real obtenido para nuestras alternativas es mayor que el KG máximo que puede tener el buque. Esto es debido a que estamos considerando que el buque está cargado al 100%, cosa que nunca va a ocurrir.

Debido a esto, hay que buscar el número máximo de contenedores con los que cada alternativa cumple el criterio de estabilidad transversal; es decir, aquella disposición de carga tal que el KG sea menor al real y en la que el número de contenedores sea el máximo posible.

Para hacer esto, lo primero que hay que tener en cuenta es que el desplazamiento debe permanecer constante, por lo que al eliminando carga, aumentaremos la misma cantidad de lastre de modo que compensen uno con el otro hasta que el KG que obtengamos sea menor al KG máximo teórico.



Así obtenemos que cada alternativa cumple el criterio de estabilidad como indica la tabla siguiente.

Alternativa	Contenedores Cargados	% de Carga
41	514	79,08
42	465	71,54

Obtenemos con estos datos de carga los datos de estabilidad siguientes:

Calculo de estabilidad para 13 T		
Alternativa	41	42
B	20826	20826
T	6830	7357
CB	0,6931	0,6977
CF	0,8213	0,8249
C1 (Benson)	0,5380	0,5375
C2 (Dankwardtz)	0,7259	0,7313
KC	3674	3955
CM	5543	5150
KM	9217	9104
GM min	1041	1041
KG max	8176	8063
KG real	8161	8049

15.6 CÁLCULO DEL TRIMADO

El buque para un buen funcionamiento de la hélice debe tener asiento hacia popa, así se consigue un mejor rendimiento propulsivo.

Para hallar el trimado usamos la fórmula:

$$Tr = \frac{XG_{BUQUE} - X_{CC}}{2}$$



Obtenemos los siguientes valores para las alternativas 41 y 42. Siendo el sentido negativo asiento hacia popa.

Cálculo Estabilidad Longitudinal 13 T							
Alternativa	Eslora	Peso Rosca	XR	XG	XCC	Trimado Max	Trimado
41	115650	3530449	48110	56,708	57,525	1,157	-0,408
42	115650	4420812	48110	56,295	57,525	1,157	-0,615

16 CALCULO DEL FRANCOBORDO GEOMETRICO

El francobordo, según lo definido en el Convenio Internacional sobre Líneas de Carga de la Organización Marítima Internacional (IMO), es la distancia medida verticalmente en el centro del buque, desde la intersección de la cara superior de la cubierta de francobordo con la superficie exterior del forro, hasta la línea de carga correspondiente.

Para su obtención recurriremos a un cálculo simplificado mediante el uso de tablas y fórmulas. Consideraremos una superestructura análoga a la del buque base. Con esto tenemos los siguientes valores.

16.1 FRANCOBORDO TABULAR

En primer lugar tendremos el valor del francobordo tabular que, al ser nuestro buque de tipo 'B', y entrando en la correspondiente tabla con la eslora de francobordo $L = 1,015 \cdot L_{pp}$ nos dará su valor.

OPCION	41	42
Lpp	115650	115650
Lfb	117384,8	117384,8
Francobordo tabular	1637,9	1637,9

A continuación tenemos que realizar las siguientes correcciones:



16.2 CORRECCIÓN POR ESLORA

La corrección por eslora tan solo se realiza cuando nos encontramos con buques de menos de 100 metros. En nuestro caso solo se aplicará en nuestra primera opción (alternativa 22).

El francobordo tabular para buques de tipo B, de eslora comprendida entre 24 m y 100 m con superestructuras cerradas de una longitud efectiva de hasta el 35% de la eslora, se incrementará en la siguiente cantidad:

$$7,5 (100-L) [0,35 - (El / L)] \text{ (mm)}$$

siendo

- L = eslora del buque en m; y
- El = longitud efectiva de las superestructuras en m.

En nuestro caso tomaremos una longitud efectiva de la superestructura de $0,1 \cdot L$

16.3 CORRECCIÓN POR COEFICIENTE DE BLOQUE

Cuando el coeficiente de bloque (C_b) sea superior a 0,68, el francobordo tabular se multiplicará por el factor.

$$(C_b + 0,68) / 1,36$$

El coeficiente de bloque no se supondrá superior a 1,0.

16.4 CORRECCIÓN POR PUNTAL

Tenemos 2 opciones:

1. Cuando D exceda de $(L/15)$, el francobordo se aumentará en $[D - L / 15] R$ (mm), siendo $R = (L / 0,48)$ para esloras inferiores a 120 m y 250 para esloras de 120 m o mayores.



2. Cuando D sea menor que $(L / 15)$ no se hará reducción alguna, excepto en buques con superestructuras cerradas que cubran al menos una longitud igual a $0,6 L$ en el centro del buque, o bien con un tronco completo, o una combinación de superestructuras cerradas separadas y troncos que se extiendan de manera continua de proa a popa

En nuestros casos estamos en la primera situación siendo la eslora menor a 120.

16.5 CORRECCIÓN POR SUPERESTRUCTURAS

1. Cuando la longitud efectiva de superestructuras y troncos sea igual a $1 L$, la reducción del francobordo será de 350 mm para 24 m de eslora del buque, 860 mm para 85 m de eslora y 1.070 mm para 122 m de eslora y esloras superiores. Las reducciones correspondientes a esloras intermedias se obtendrán por interpolación lineal.

2. Cuando la longitud total efectiva de superestructuras y troncos sea inferior a $1 L$, la reducción será un porcentaje obtenido de la tabla

Porcentaje de reducción para buques de los tipos 'A' y 'B'											
	Longitud efectiva total de superestructuras y troncos										
	0	0,1 L	0,2 L	0,3 L	0,4 L	0,5 L	0,6 L	0,7 L	0,8 L	0,9 L	1 L
Porcentaje de reducción para todos los tipos de superestructuras	0	7	14	21	31	41	52	63	75,3	87,7	100

Los porcentajes correspondientes a longitudes intermedias de superestructuras y troncos se obtendrán por interpolación lineal.

3. En los buques de tipo B no se permite reducción alguna si la longitud efectiva del castillo de proa es inferior a $0,07 L$.

En nuestros casos estamos en el caso 2 con un porcentaje de reducción del 7%.



16.6 CORRECCIÓN POR ARRUFO

Esta corrección se calculará comparando la curva de arrufo real con la de arrufo normal que está definida en el Convenio Internacional sobre Líneas de Carga de 1966. Sólo tomaremos como valor del arrufo el exceso de altura de estas superestructuras sobre la altura normal de las mismas.

Con esto tendremos que la corrección de arrufo vendrá definida por

$$Correccion = \left(1 - \frac{A}{100}\right) \cdot (4.168 \cdot L_{pp} + 125) \cdot \left(0.75 - \frac{E}{2 \cdot L_{pp}}\right)$$

Siendo A el porcentaje del área de la curva real de arrufo respecto al área de la curva estándar.

16.7 FRANCOBORDO GEOMÉTRICO

Para el cálculo del francobordo geométrico haremos lo siguiente:

Sumaremos el francobordo tabular a la corrección por eslora; este valor lo multiplicaremos por la corrección por el coeficiente de bloque. A continuación sumaremos a este nuevo valor las correcciones por puntal y por arrufo y le restaremos la corrección por superestructuras.



En la siguiente tabla aparecen todos los valores relativos al cálculo del francobordo.

CALCULO DEL FRANCOBORDO		
OPCION	41	42
Lpp	115650	115650
Lfb	117384,8	117384,8
Francobordo tabular	1637,9	1637,9
Correcciones		
Eslora	0	0
Coeficiente de bloque	1	1
Puntal	395,62	1062,29
Superestructuras	72,38	72,38
Arrufo	264,15	264,15
Francobordo geométrico	2225,3	2892,0



17 CONCLUSION

Una vez estudiadas estas dos opciones, consideramos que la mejor va a ser la opción 42 que será la que vamos a usar de aquí en adelante y cuyas características principales son:

Eslora entre perpendiculares:	115,65 m.
Manga de trazado:	20,826 m.
Puntal de trazado:	12,119 m.
Calado de proyecto:	7,357 m.
Coefficiente de bloque a ese calado:	0,6977
Abcisa del centro de carena (Xcc %):	-0,01
Abcisa del centro de carena (Xcc m.):	57,837 m.
Coefficiente de la flotación:	0,825
Coefficiente de la maestra:	0,978
TEUS S/C (100% carga):	324
TEUS B/C (100% carga):	326
Número de contenedores cargados:	465 (71,54 % del total)
TEUS S/C:	139
TEUS B/C:	326
Peso en rosca:	4671 Tons.
Desplazamiento:	12671 Tons.
KM:	9,104 m.
KG:	8,052 m.
GM:	1,041 m.

18 ANEXOS



ANEXO I

BASE DE DATOS



BUQUE	AÑO	L	B	D	T	PM	PR	Δ	TEUS	NB	NS	BHP	V	FN
NORDLIGHT	1990	145,2	22,86	11,2	7,65	11420	9345	20765	1050			10816	17	0,2317
KATHRINE SIF	1990	120,7	22,7	11,3	7,6	9766	4468	14234	976			11430	17,2	0,2571
HANJIN BANGKOK	1991	114	20	8,8	6,61	8075	2754	10829	414	246		4560	14	0,2154
BUNGA KENARI	1991	165	27,3	13,9	9,5	21571	8287	29858	1201			13500	15,5	0,1982
CARMEN DOLORES H.	1994	125,4	20,5	10,5	8,25	11007	4347	15092	758	286	472	11900	17,5	0,2567
SLOMAN CHALLENGER	1995	94,725	17,8	8,2	6,4	5665	2500	8165	403			4631	14,5	0,2447
BUNGA MAS SATU	1995	124,55	20,8	10,5	7,5	10400	4132	14532	668	276	392	12718	17	0,2502
JORK	1996	147	23,5	12,8	8,3	11870	6894	18764	1122	668		14857	19,89	0,2695
SEA NORDICA	1997	135,92	23,28	11,7	8,8	13248	5830	19078	1050			14367	19	0,2677
PAN TAU WELLINGTOON EXPRESS	1997	109,4	19,4	9,45	7,25	7200	3321	10288	601	168	433	8152	17,5	0,2748
	1996	110	19,4	9,45	7,54	6850	3337	9909	597	168	429	7178	16,5	0,2584
ASIA FEEDER	1997	113	18,6	9,2	7,3	7200	3214	10259	576	186	390	8370	16,7	0,2580
SECIL ANGOLA	1992	115,45	20,8	10,8	6,5	8371	4185	11964	650	266	384	6080	15	0,2293
OUED EDDAHAB	1998	105,5	20	9,1	6,5	7600	3194	10794	506	152		6585	16,44	0,2629
HANEBURG	1998	125	20,8	11,8	8,8	10850	4250	15103	801	264	537	8800	17	0,2497
ANGOLA	1992	115	20,8	10,8	6,5	8122	4175	11700	650	266	384	6080	15	0,2297
BUNGA MAS LIMA	1997	120	22,7	10,8	7,5	8661	4706	12828	739	296	443	8900	17	0,2549
MAERSK EURO PRIMO	1991	120,9	20,5	10,7	7,51	8630	4277	12408	724	254	470	7337	16	0,2390
EAGLE VENUS	1996	122,2	20,2	10,9	8,15	10815	4334	14705	724	258	466	8973	17	0,2526
NEDLLOYD CRETE	1994	123	19,7	10,6	8,04	9493	4153	13141	585	244	341	6150	16	0,2370
CRISTIAN RUSS	1996	123,3	19,6	10,6	8,04	8858	4143	12542	585	244	341	6955	15,8	0,2337



BUQUE	AÑO	L	B	D	T	PM	PR	Δ	TEUS	NB	NS	BHP	V	FN
FROTABELEM	1994	124,4	22,8	10,7	7,8	10640	4843	14954	666	224	442	8620	17,2	0,2533
YONGDINGHE	1996	134	22,4	11	8,2	12668	5238	17447	764	318	446	10860	17,5	0,2483
ARKTIS	1994	93,6	18,8	9,3	6	5212	2418	7630	444			6040	15,7	0,2665
ARCADIAN FAITH	1994	96,7	16,4	8,3	6,55	5273	2246	7519	373			4725	16	0,2672
IRENA ARTICA	1995	99,2	21,5	15	6,5	5817	3768	9585	378			7893	14	0,2309
CELTIC CRUSADER	1992	84,5	17	8,5	6,4	5750	1678	7428	300			3557	13,5	0,2412
CELTIC MONARCH	1997	94,27	17	8,2	6,35	6250	1974	8224	478			6667	15,5	0,2622
CEC ATLAS	1999	126,25	20,4	11,1	6,65	7950	8407	16357	901			10612	17,09	0,2498
MARY ARCTICA	2004	102,45	22,7	15,15	7	6365	5100	11465	572	313		10540	15,3	0,2483
EURO SQUALL	2002	123,4	19,2	9,2	6,9	7991	3511	11502	681	493		9655	18,9	0,2795
ZIM CARIBE I	1993	117,6	20,52	10,9	8,3	9410	4245	13215	626	208	418	9489	17	0,2575
KOKOPO CHIEF	1995	120	22,11	11	8,33	10734	4671	14880	844	262	582	9540	16,7	0,2504
VILLE DE DUBAI	1996	119	22,8	11,2	8	11116	4849	15441	847	279	568	11265	17,5	0,2635
MAERSK MANILA	1996	127,4	20,8	11,7	8,64	12500	4940	16756	860	306	554	7382	15,5	0,2256
JIN MAN YU	1997	117,6	20,2	10,9	8,3	9350	4184	13063	672	208	464	8450	16,2	0,2454



ANEXO II

MAQUINARIAS AUXILIARES



BUQUE	V	Lpp	B	D	PR	Tproy	Tesc	Diám. Hélice	PM	Generadores
CALA PULA	21,3	160,4	24	12		8,1	8,3		10900	4*1250 kW/720 rpm
KATHRINE SIF	17,2	120,7	22,7	11,3	4468	7,6	8,6		9766	3*570 kW
CEC ATLAS	17,1	126,25	20,4	11,1	4350	6,65	8,38		7950	3*608 kW/1800 rpm
MAKIRI GREEN	15,6	132	21,5	13,3		7,6	9,69		11890	3*485 kW/1200 rpm
CARMEN DOLORES H.	18,8	125,72	20,5	10,5		8,26		5	11004	3*489 kW/1200 rpm
OSSIAN	16,1	95,8	18,8	8,4	3030	6,1	6,65		4683	2*570 kW/1200 rpm + 1*125 kW/1800 rpm
BUNGA MAS SATU	17	124,55	20,8	10,5		7,5	7,72		10400	3*450 kW/700 rpm
EURO SQUALL	18,9	123,4	19,2	9,2	3511	6,5	6,9		7991	2*350 kW
IGOR ILINSKYI	15,2	122	19,86	8,8		6,87			7365	2*550 KVA
GERMANIA WELLINGTON EXPRESS	16	116,95	19	13,5		8		5	8760	2*760 kW/1800 rpm
SEA ARCTICA	17	118,5	24	15,1	5400	7,66	8	5,5	8500	3*600 kW/1200 rpm
CMBT ENDURANCE	18,7	145	24	13,9		8,5	10,2	5,74	13100	3*800 kW/900 rpm
OUED EDDAHAB	16,4	105,5	20	9,1		6,5	7,1	4,5	7373	3*470 kW/1200 rpm
FROTABELEM	17,5	124,4	22,8	10,7		7,8	8,06	5,2	10640	2*610 kW/720 rpm + 1*733 kW/720 rpm
ARKTIS	15,7	93,6	18,8	9,3	2418	6	7,3	4,2	7630	3*320 kW
CELTIC MONARCH	15,5	94,27	17	8,2	1974	6,35		4	6250	2*375 kW



BUQUE	PTO	Caldera Vapor	Hélice proa	Escotillas	Grúas	Chigres
CALA PULA		2000 Kg/h	500 kW	3 flush deck	2*40 (t)	2 + 2 (accionados por molinete)
KATHRINE SIF	1*1400 kW		600 kW	6 pontón	2*40 (t)	
CEC ATLAS	900 kW	1*1300 kW + 1*800 kW	700 kW/404 kW	Pontones	2*150 (t)	2 + 2 (accionados por molinete)
MAKIRI GREEN	800 kW/1800 rpm	2*850 kW	740 kW/400 rpm	3 folding	3*60 (t)	1 + 2 (accionados por molinete)
CARMEN DOLORES H.	1*900 kW	1*800 Kg/h + 1300 Kg/h	500 kW/377 rpm	3 folding		2 + 2 (accionados por molinete)
OSSIAN	700 kW	1*1250 Kg/h + 1000 Kg/h	500 kW	2 folding	2*40 (t)	2 + 2 (accionados por molinete)
BUNGA MAS SATU				Pontones		2 + 2 (accionados por molinete)
EURO SQUALL			410 kW	2 folding	No	2 + 2 (accionados por molinete)
IGOR ILINSKYI	500 KVA			3 folding	4*20 (t)	
GERMANIA	760 kW/1800 rpm	2 (mecheros + g. escape)	450 kW/1170 rpm	3 folding	2*40 (t)	2 + 2 (accionados por molinete)
WELLINGTON EXPRESS	700 kW			3 folding		
SEA ARCTICA	1680/1800 rpm	2 mecheros (1250 Kg/h + 925 Kg/h)	650 kW	Pontones	2*40 (t)	3 + 2 (accionados por molinete)
CMBT ENDURANCE		2000 Kg/h	590 kW	Pontones	2*43 (t)	4 + 2 (accionados por molinete)
OUED EDDAHAB		100 Kg/h mecheros + 900 Kg/h g. escape		2 folding		2 + 2 (accionados por molinete)
FROTABELEM		2000 Kg/h + 1300 Kg/h	500 kW/377 rpm	3 folding		2 + 2 (accionados por molinete)
ARKTIS		800 kW			2*70 (t)	
CELTIC MONARCH		500 kW				



ANEXO III

RESUMEN DE ALTERNATIVAS



DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS

Altern	LBC	BBC	DBC	Lpp	B	D	TEUS BOD	TEUS CUB	Lpp/B	Lpp/D	B/D
1	8	5	3	77070	15830	9352	120	530	4,87	8,24	1,69
2	8	5	4	77070	15830	12119	160	490	4,87	6,36	1,31
3	8	5	5	77070	15830	14886	200	450	4,87	5,18	1,06
4	8	5	6	77070	15830	17653	240	410	4,87	4,37	0,90
5	8	6	3	77070	18328	9352	144	506	4,21	8,24	1,96
6	8	6	4	77070	18328	12119	192	458	4,21	6,36	1,51
7	8	6	5	77070	18328	14886	240	410	4,21	5,18	1,23
8	8	6	6	77070	18328	17653	288	362	4,21	4,37	1,04
9	8	7	3	77070	20826	9352	168	482	3,70	8,24	2,23
10	8	7	4	77070	20826	12119	224	426	3,70	6,36	1,72
11	8	7	5	77070	20826	14886	280	370	3,70	5,18	1,40
12	8	7	6	77070	20826	17653	336	314	3,70	4,37	1,18
13	8	8	3	77070	23324	9352	192	458	3,30	8,24	2,49
14	8	8	4	77070	23324	12119	256	394	3,30	6,36	1,92
15	8	8	5	77070	23324	14886	320	330	3,30	5,18	1,57
16	8	8	6	77070	23324	17653	384	266	3,30	4,37	1,32
17	10	5	3	96360	15830	9352	150	500	6,09	10,30	1,69
18	10	5	4	96360	15830	12119	200	450	6,09	7,95	1,31
19	10	5	5	96360	15830	14886	250	400	6,09	6,47	1,06
20	10	5	6	96360	15830	17653	300	350	6,09	5,46	0,90
21	10	6	3	96360	18328	9352	180	470	5,26	10,30	1,96
22	10	6	4	96360	18328	12119	240	410	5,26	7,95	1,51
23	10	6	5	96360	18328	14886	300	350	5,26	6,47	1,23
24	10	6	6	96360	18328	17653	360	290	5,26	5,46	1,04
25	10	7	3	96360	20826	9352	210	440	4,63	10,30	2,23
26	10	7	4	96360	20826	12119	280	370	4,63	7,95	1,72
27	10	7	5	96360	20826	14886	350	300	4,63	6,47	1,40
28	10	7	6	96360	20826	17653	420	230	4,63	5,46	1,18
29	10	8	3	96360	23324	9352	240	410	4,13	10,30	2,49
30	10	8	4	96360	23324	12119	320	330	4,13	7,95	1,92
31	10	8	5	96360	23324	14886	400	250	4,13	6,47	1,57
32	10	8	6	96360	23324	17653	480	170	4,13	5,46	1,32
33	12	5	3	115650	15830	9352	180	470	7,31	12,37	1,69
34	12	5	4	115650	15830	12119	240	410	7,31	9,54	1,31
35	12	5	5	115650	15830	14886	300	350	7,31	7,77	1,06
36	12	5	6	115650	15830	17653	360	290	7,31	6,55	0,90
37	12	6	3	115650	18328	9352	216	434	6,31	12,37	1,96
38	12	6	4	115650	18328	12119	288	362	6,31	9,54	1,51
39	12	6	5	115650	18328	14886	360	290	6,31	7,77	1,23
40	12	6	6	115650	18328	17653	432	218	6,31	6,55	1,04
41	12	7	3	115650	20826	9352	252	398	5,55	12,37	2,23
42	12	7	4	115650	20826	12119	336	314	5,55	9,54	1,72
43	12	7	5	115650	20826	14886	420	230	5,55	7,77	1,40
44	12	7	6	115650	20826	17653	504	146	5,55	6,55	1,18



45	12	8	3	115650	23324	9352	288	362	4,96	12,37	2,49
46	12	8	4	115650	23324	12119	384	266	4,96	9,54	1,92
47	12	8	5	115650	23324	14886	480	170	4,96	7,77	1,57
48	12	8	6	115650	23324	17653	576	74	4,96	6,55	1,32
49	14	5	3	135540	15830	9352	210	440	8,56	14,49	1,69
50	14	5	4	135540	15830	12119	280	370	8,56	11,18	1,31
51	14	5	5	135540	15830	14886	350	300	8,56	9,11	1,06
52	14	5	6	135540	15830	17653	420	230	8,56	7,68	0,90
53	14	6	3	135540	18328	9352	252	398	7,40	14,49	1,96
54	14	6	4	135540	18328	12119	336	314	7,40	11,18	1,51
55	14	6	5	135540	18328	14886	420	230	7,40	9,11	1,23
56	14	6	6	135540	18328	17653	504	146	7,40	7,68	1,04
57	14	7	3	135540	20826	9352	294	356	6,51	14,49	2,23
58	14	7	4	135540	20826	12119	392	258	6,51	11,18	1,72
59	14	7	5	135540	20826	14886	490	160	6,51	9,11	1,40
60	14	7	6	135540	20826	17653	588	62	6,51	7,68	1,18
61	14	8	3	135540	23324	9352	336	314	5,81	14,49	2,49
62	14	8	4	135540	23324	12119	448	202	5,81	11,18	1,92
63	14	8	5	135540	23324	14886	560	90	5,81	9,11	1,57
64	14	8	6	135540	23324	17653	672	-22	5,81	7,68	1,32



ANEXO IV

DISPOSICION DE CONTENEDORES





Proyecto 1624

PORTACONTENEDORES 650 TEU'S

Cuaderno 1: **DIMENSIONAMIENTO**



ANEXO V

POTENCIA PROPULSORA (HOLTROP)



	Alternativa 41			Alternativa 42		
V	EHP	BHP	MCR	EHP	BHP	MCR
1	1	1	2	1	1	2
2	7	10	12	7	10	12
3	22	32	38	23	34	40
4	50	74	87	52	76	90
5	96	141	166	99	146	171
6	162	238	280	168	247	291
7	253	372	438	262	385	453
8	373	549	645	386	568	668
9	527	775	912	545	801	943
10	723	1063	1251	747	1099	1292
11	972	1429	1682	1004	1476	1737
12	1293	1901	2237	1337	1966	2313
13	1712	2518	2962	1774	2609	3069
14	2266	3332	3920	2355	3463	4074
15	3009	4425	5206	3139	4616	5431
16	3974	5844	6875	4164	6124	7204
17	5170	7603	8945	5442	8003	9415
18	6874	10109	11893	7278	10703	12592
19	9412	13841	16284	10030	14750	17353
20	15515	22816	26843	13415	19728	23209



ANEXO VI

DESGLOSE DE PESOS DEL BUQUE



	Alternativa 41			Alternativa 42		
	Peso	ZG	XG	Peso	ZG	XG
Tripulación	1955	18452	20817	1955	19769	20817
Combustible	625583	4807	50700	662122	5009	50700
Aceite	21895	910	23130	23174	910	23130
Agua dulce sanitaria	32513	5326	20817	32513	6710	20817
Agua dulce restante	7487	5326	20817	7487	6710	20817
Víveres	4000	12652	20817	4000	15419	20817
Cargos y pertrechos	5000	12652	20817	5000	15419	20817
Elementos de estiba	20000	14102	57825	20000	16869	57825
Carga	6695000	10323	61468	6201000	9824	62251
Lastre (toneladas)	586567	650	66842	1042749	650	62930
Peso Muerto	8000000	9145	60647	8000000	8214	60995
Peso en Rosca	3685780	6005	48110	4671444	7781	48110
TOTAL	11685780	8186	55678	12671444	8082	54727



INDICE:

1	INTRODUCCIÓN.....	3
2	DEFINICIÓN DE LAS FORMAS.....	3
3	PERFILES DE PROA Y POPA	8
3.1	PERFIL DE PROA.....	9
3.2	PERFIL DE POPA.....	9
4	BULBO DE PROA	11
4.1	PARAMETROS PRINCIPALES DEL BULBO	15
4.2	REDUCCION DE POTENCIA DEBIDA AL BULBO DE PROA	18
5	BULBO DE POPA.....	19
6	DEFINICION DE FORMAS	20
7	COMPROBACIONES	20
8	ANEXOS	21





1 INTRODUCCIÓN.

En este cuaderno abordaremos un apartado esencial del proyecto como son las formas del buque. Unas formas apropiadas deben garantizar cuatro aspectos fundamentales:

- Estabilidad: las formas deben tener una estabilidad suficiente de manera que se cumplan los criterios de estabilidad pertinentes
- Desplazamiento: el desplazamiento de las formas no debe ser nunca inferior al proyectado.
- Centro de carena: la posición longitudinal del centro de carena no debe situarse nunca a popa del centro de gravedad.
- Espacios: se deben adoptar unas formas que aseguren espacio suficiente tanto para la carga como para la maquinaria y equipo.

Para conseguir estos objetivos, debemos encontrar unas formas que cumplan con el predimensionamiento realizado en el cuadernillo 1, dentro de unos márgenes aceptables.

2 DEFINICIÓN DE LAS FORMAS.

En este segundo cuaderno nuestro objetivo será el de definir las formas del buque que hemos seleccionado en el cuadernillo anterior.

Tras definir diferentes alternativas al final llegamos a que nuestro buque iba a disponer de las siguientes características principales:

Eslora entre perpendiculares:	115,65 m.
Manga de trazado:	20,826 m.
Puntal de trazado:	12,119 m.
Calado de proyecto:	7,357 m.
Coeficiente de bloque a ese calado:	0,684
Abcisa del centro de carena (respecto a la sección media):	-0,26 m.
Coeficiente de la flotación:	0,840



Coeficiente de la maestra:

0,978

Para definir las formas del casco de nuestro buque lo primero que tenemos que considerar es que éstas deben adaptarse a la misión del mismo.

Estas formas lo que nos representan es la geometría de la carena del buque. Para conseguir estas formas se generará el plano de formas correspondiente. Dicho plano de formas se definirá mediante las secciones siguientes:

- Alzado, perfil y cortes longitudinales.
- Secciones transversales (caja de cuadernas) y cortes diagonales
- Planta y línea de agua.

Una vez definidas las formas lo que deberán cumplir es lo siguiente:

- Que se adapten perfectamente a todos los parámetros y coeficientes que definen el buque: desplazamiento, centro de carena, coeficiente de bloque, coeficiente prismático, coeficiente de la maestra, etc.
- Que proporcionen buena estabilidad al buque.
- Que tengan buenas características hidrostáticas, aunque esto último va a depender sobre todo de la curva de áreas de cuadernas.

Ahora llegamos a la tesitura de elegir el modo de obtener las formas del buque. Para esto hay 3 procedimientos:

1. **Series sistemáticas:** Conjunto de formas de carenas, relacionadas geométricamente de una forma sistematizada, estudiadas de manera que ofrezcan una mínima resistencia al avance según ensayos en Canales de experiencias Hidrodinámicas. Entre ellas se encuentra por ejemplo la serie 60 del canal de Wageningen. Utilizando este método obtendremos además datos adicionales de la carena como la potencia de remolque.



2. **Obtención de formas a partir de un buque base:** método consistente en generar unas formas a partir de las de un buque similar, modificando estas para adaptarlas a las características de nuestro proyecto; este método tiene la ventaja de que al utilizar las formas de buques ya construidos es posible conocer la bondad de las mismas.
3. **Generación de formas:** consiste en, partiendo de la experiencia emplearemos herramientas matemáticas para la definición de la superficie del casco de tal modo que se ajusten a las características y dimensiones ya estimadas; para ello se pueden usar programas de diseño gráfico como puede ser el Foran.

En nuestro caso hemos elegido el método de obtención de formas a partir de un buque base. Para ello hemos usado el programa Foran en su versión 50 R2.0 usando sus módulos para creación y alisado de formas. Hemos partido de las formas pertenecientes a un buque portacontenedores de 975 TEUS cuyas características principales son:

Eslora entre perpendiculares:	135,20 m.
Manga de trazado:	23,00 m.
Puntal de trazado:	11,20 m.
Calado de proyecto:	7,40 m.

Partiendo de estas formas hemos realizado transformaciones afines para llevar las formas del buque base a las dimensiones de nuestro buque.

Sin embargo, antes de continuar, es necesario incluir un comentario para nuestro proyecto:

La finalidad de cualquier proyecto de un buque es la construcción del mismo. En el cuadernillo 1 hemos llegado a unas características principales óptimas para las especificaciones del proyecto; sin embargo, en la realidad vamos a tener ciertas limitaciones entre las que se encuentra el astillero donde podamos construir el buque. Deberemos pensar que las dimensiones principales del buque deben ser tales que las distancias entre cuadernas, longitudinales, etc, sean un valor sencillo de obtener. De ahí



que dichas dimensiones no puedan ser tomadas simplemente considerando el mejor caso obtenido sino pensando también en su facilidad para su construcción. Con esto, es lógico pensar que es aconsejable el aproximar las dimensiones principales a unos valores tales que, sin apenas influir en la viabilidad del proyecto, nos faciliten la construcción del buque. Esto podemos realizarlo porque, aunque hay partes de la eslora, manga y puntal que vienen fijas en su longitud, hay otras que son un % de otro valor, siendo ese % aproximado. Por lo tanto, a la hora de introducir las características de nuestro buque para hacer las transformaciones afines, redondearemos las obtenidas en el cuadernillo 1 quedando:

Eslora entre perpendiculares:	116,00 m.
Manga de trazado:	21,00 m.
Puntal de trazado:	12,20 m.
Calado de proyecto:	7,40 m.

Lógicamente, se ha comprobado que con estas dimensiones se pueden cumplir los requisitos del proyecto.

Una vez conseguidas las dimensiones principales hemos de ajustar los coeficientes de arena a nuestros valores de proyecto.

Para llevar el centro de carena a su posición se ha modificado la curva de áreas seccionales, bien entendido que el valor obtenido en el cuadernillo 1 para este coeficiente es una recomendación hidrodinámica cuya validez solo podrá ser comprobada con los debidos ensayos.

Al tratarse de un buque portacontenedores, una vez conseguidos unos valores razonables para el coeficiente de bloque, maestra y flotación, las formas deberán ser capaces de albergar el número de contenedores previstos en la especificación del proyecto. Aparte de albergar el número, la distribución de contenedores deberá ser lo más parecida posible a la supuesta en el cuadernillo 1. Para ello, una vez conseguidas unas formas correctas, procederemos a seccionar el casco por planos paralelos a la



flotación a unas alturas correspondientes a cada nivel de contenedores situados en las bodegas considerando tanto los huelgos como el doble casco. Finalizado este proceso, nuestras formas serán adecuadas para albergar la carga de proyecto.

También no deberemos olvidar el comprobar que las formas elegidas pueden albergar el motor elegido para dar la potencia requerida; en nuestro caso la dimensión que puede darnos problemas es el puntal, el cual puede inducirnos a instalar un motor de cuatro tiempos en vez de uno de dos tiempos directamente acoplado a la hélice como sería de desear.

Por último también tendremos que tener en cuenta las formas de popa de tal modo que puedan albergar al propulsor elegido teniendo en cuenta los huelgos exigidos por la Sociedad de Clasificación.

Una vez tenido en cuenta todo esto conseguimos unas formas definitivas que cumplen con los requisitos exigidos siendo sus características principales:

Eslora entre perpendiculares:	116,00 m.
Eslora total:	129,38 m.
Eslora en la flotación:	115,42 m.
Manga de trazado:	21,00 m.
Puntal de trazado:	12,20 m.
Calado de proyecto:	7,40 m.
Coeficiente de bloque a ese calado:	0,688
Abcisa del centro de carena:	-0,471 m.
Coeficiente de la flotación:	0,828
Coeficiente de la maestra:	0,987

El primer comentario que tenemos que hacer al respecto a las formas obtenidas es que están son capaces de albergar la carga de proyecto (650 TEUS). De éstos, 326 van en bodegas y los otros 324 irán sobre cubierta, como se observa en la disposición general del buque. En el *Anexo I* se agrega un cuadro en el que aparece la distribución de los



contenedores sobre y bajo cubierta. Lo que haremos es intentar conseguir unas formas de modo que la distribución de contenedores sea lo más parecida a la definida en el cuaderno 1; teniendo en cuenta que, en ciertas ocasiones, es mejor mantener unas formas óptimas, aunque eso implique una variación en la distribución de contenedores definida.

También hemos comprobado que las formas proyectadas para la CCMM (con una eslora de 16,8 metros) dan cabida a un motor que desarrolle la velocidad de proyecto pedida, estimándose que la eslora del motor ronda los 8-9 metros. Esta comprobación también se ha hecho para manga y puntal.

El coeficiente de bloque conseguido es algo mayor que el que buscábamos aunque esto no importa al ser una desviación muy pequeña y por exceso con lo cual no perdemos capacidad de peso muerto ni de velocidad.

El coeficiente de la maestra es elevado por tres razones fundamentales:

- Por un criterio constructivo ya que valores altos permiten reducir el radio del pantoque y construir éste con una sola traca.
- Valores elevados de este coeficiente mejoran la estabilidad.
- Fijado C_b , al aumentar C_m disminuye C_p y por lo tanto la potencia requerida.

Resumiendo, con estas formas vemos que nuestro buque va a ser capaz de albergar la carga del proyecto. Además se ha comprobado las dimensiones principales de la cámara de máquinas para que puedan dar cabida a un motor que desarrolle la velocidad del proyecto.

3 PERFILES DE PROA Y POPA

Estos perfiles se definen a partir de los parámetros básicos de definición del bulbo de proa y de los huelgos recomendados por las Sociedades de Clasificación en el codaste para así evitar la cavitación de la hélice.



3.1 PERFIL DE PROA.

El perfil de proa viene caracterizado por la existencia de bulbo y por tener la proa lanzada. El ángulo de lanzamiento viene determinado por la condición de que sea como mínimo el necesario para que extremo de la roda esté más a proa que el punto de mayor protuberancia del bulbo, con objeto de proporcionar unas referencias seguras a la tripulación en las maniobras de atraque; es importante también este lanzamiento de la proa ya que favorece el flujo hidrodinámico del agua en la zona del abanico, favoreciendo su salida y mejorando las características hidrodinámicas de la zona de proa.

3.2 PERFIL DE POPA.

La popa es de espejo; sin embargo, éste comienza justo por encima de la línea de la flotación de proyecto, para que no haya parte del área del espejo mojada ya que esto incrementaría en gran medida la resistencia al avance.

La zona de la bovedilla se ha procurado diseñar lo más extensa posible con un gran abanico en la parte alta; esto es debido a que se procura retrasar todo lo posible la posición de la superestructura para mejorar la estiba de los contenedores sobre cubierta.

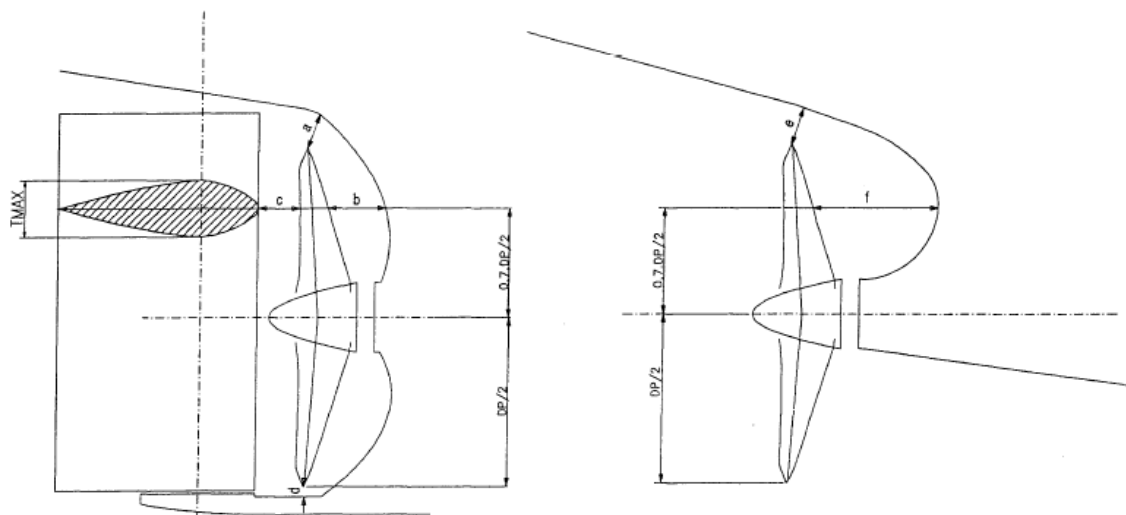
El perfil del codaste es el habitual para este tipo de buques, con un cierto henchimiento de la zona de popa alrededor de la bocina, en vista a mejorar la estela, y por lo tanto el rendimiento propulsivo, al tiempo que se deja espacio para el paso del eje de cola. Estas formas también se han dispuesto de tal manera que el diámetro de la hélice no se vea limitado por ellas, así, se podrá disponer la hélice más apropiada para obtener el mejor rendimiento del equipo propulsor y no venir dicho diámetro limitado por las formas.

El diseño de las formas de popa afecta sobre todo a la propulsión, ya que en la popa se disponen el propulsor y el timón. Su diseño influirá sensiblemente de cara al rendimiento propulsivo y la maniobrabilidad siendo importante conseguir un lujo estable de entrada de agua en la hélice.



Es conveniente que la línea de flotación acabe lo más a popa posible para conseguir la mayor eslora en la flotación de cara a su influencia en la resistencia al avance.

Por otro lado, se debe tener en cuenta de los huelgos que deben existir entre el propulsor y la carena ya que estos tienen gran influencia en la excitación ejercida por las fluctuaciones de par y empuje de la hélice. En caso de no adoptarse unos huelgos suficientes las vibraciones transmitidas al casco y/o a la línea de ejes pueden ser importantes, además de afectar negativamente al funcionamiento del propulsor aumentando el riesgo de cavitación. Los huelgos exigidos por la sociedad de clasificación se detallarán en el cuadernillo 5 correspondiente a la predicción de potencia.



Siendo:

Huelgo entre el casco y la parte alta de la hélice	a
Huelgo entre el extremo de proa del timón y la hélice	d
Huelgo entre el talón del codaste y la hélice	c
Huelgo entre el casco y la sección 0,7R de la hélice	b



4 BULBO DE PROA

Para poder decidir si es conveniente o no el instalar el bulbo de proa, en primer lugar tenemos que ver las ventajas y los inconvenientes del mismo.

La existencia del bulbo contribuye a mejorar el comportamiento de la carena actuando de la siguiente forma:

- Mejoras propulsivas en las distintas situaciones de carga
- Disminuye la resistencia por formación de olas al disminuir el tren de olas generado por el buque
- Reduce la resistencia residual de carácter viscoso la disminuir los torbellinos de proa
- Reduce la resistencia por olas rompientes al provocar la formación de menos olas y más amortiguadas.
- Mejorar el comportamiento en la mar en cuanto a pantocazos, potencia requerida con olas, etc.

Como inconvenientes a su instalación cabe destacar que supone un aumento de resistencia friccional al incrementarse la superficie mojada del casco, sin embargo, este aumento será de un orden de magnitud menor que la reducción de la componente debida a la formación de olas.

También hay que tener en cuenta que la actuación del bulbo es diferente según que nuestro buque se desplace a velocidades bajas o altas:

- Para buques con velocidades altas la resistencia por formación de olas adquiere gran importancia, y es esta resistencia la que ataca principalmente el bulbo de proa. Podemos decir que la ola que genera el buque presenta un seno que queda justo a proa del buque; el bulbo puede asimilarse a una esfera sumergida y fija a la proa del buque de tal modo que genera una ola en cresta que contrarresta la



ola generada por el buque. En realidad el proceso es más complicado que esto, pero a groso modo puede ser una explicación válida.

- Para buques con velocidades bajas hay que señalar que el bulbo aumenta en mayor medida la resistencia por fricción del casco (viscosa) que en velocidades altas, pero aparece un fenómeno de disminución de la resistencia en buques llenos debido a que disminuye la aparición de olas que rompen en la zona de proa y que disipan una gran cantidad de energía. Ambos efectos, tanto el de interferencia como el de olas rompientes dependen del número de Froude, y se puede señalar que sobre el primero influye decisivamente el tamaño del bulbo (volumen sumergido) y en el segundo la distribución longitudinal del mismo.

Los portacontenedores presentan, por lo común, un gran abanico en las secciones de proa, con la finalidad de conseguir el máximo de la superficie de cubierta en esta zona, normalmente para estibar el mayor número de contenedores en el sentido de la manga, (en nuestro caso para situar la superestructura). Con el amplio abanico en la parte alta se evita aumentar la resistencia por olas rompientes y el embarque de agua en la zona de maniobra de proa.

El máximo aprovechamiento del cuerpo de proa para albergar contenedores obliga a que los ángulos de entrada de las líneas de agua sean elevados, lo que contribuye a la formación de olas rompientes, que forman parte de la resistencia viscosa, que podrán ser amortiguadas por la presencia del bulbo.

En cualquier caso, ante la imposibilidad en la actualidad de contar con una herramienta que permita evaluar de forma rápida la mejor configuración de la proa del buque, la elección debe basarse en una serie de parámetros generales que permitan definir, primero la conveniencia de dotar a las formas del buque de un bulbo de proa, y concretar los coeficientes que lo definan.

Un criterio para incorporar un bulbo de proa, que se cumple en el 95% de los buques, según el libro de Proyecto básico del buque mercante (pág. 86) es el cumplimiento simultáneo de los criterios siguientes (aunque el criterio del coeficiente de bloque no se



cumple tan estrictamente, porque sabemos que hay buques con menor C_b que los límites y que sin embargo disponen de bulbo de proa):

Coeficiente de bloque: $0,65 < C_b < 0,815$

Relación eslora-manga: $5 < L/B < 7$

Número de Froude: $0,16 < F_n < 0,57$

En nuestro caso tenemos:

Coeficiente de bloque: $0,65 < \mathbf{0,689} < 0,815$

Relación eslora-manga: $5 < \mathbf{5,524} < 7$

Número de Froude: $0,16 < \mathbf{0,275} < 0,57$

Por lo que cumple con los 3 criterios

Por otra parte su uso no está recomendado si el coeficiente de afinamiento global del buque es superior al siguiente valor:

$$\frac{C_b \cdot B}{L} > 0,135$$

En nuestro caso tenemos los valores siguientes:

$$(0,689 \times 21)/116 = \mathbf{0,124} < 0,135$$

Analizando estos valores vemos que es aconsejable la instalación de un bulbo de proa por lo que decidimos usarlo.



Aparte de esto, se nos plantean otras consideraciones para la instalación del bulbo, como las indicaciones de Kratch, que nos señala los aspectos a tener en cuenta a la hora de decidir la forma del bulbo, y que se pueden resumir en:

- Tipo de buque, de formas llenas o finas.
- Velocidad de servicio, lenta o rápida.
- Diferentes condiciones de carga que impongan distintos calados en proa.
- Zona de operaciones, por la existencia de hielo o mala mar, en este caso, la disposición del bulbo está muy relacionada con las características de comportamiento en la mar del buque, de modo que limite los movimientos del mismo y minimice sus efectos (frecuencia e intensidad de los pantocazos).

En general tenemos que procurar que las líneas de agua en la zona cercana a la protuberancia no tengan forma muy circular, para evitar separaciones de la corriente, de efectos negativos sobre la disminución de resistencia al avance que se pretende con la incorporación del bulbo.

Si el buque emerge en alguna condición de carga, hay que procurar que el ángulo de entrada de las líneas de agua en la zona inferior del bulbo sea pequeño.

Sin embargo, la idoneidad de la instalación de un bulbo no se puede asegurar completamente hasta que la carena realice pruebas en un canal de experiencias, pero esto no es posible en nuestro proyecto, por tanto, tomaremos los parámetros generales para decidir la instalación o no del mismo.

Como los buques portacontenedores son en general buques rápidos ($F_n > 0,24$) en los que se pueden distinguir dos condiciones de carga bastante diferentes, a plena carga y en lastre, con diferentes calados, obligando a tener que decidir para qué condición se ha de diseñar el bulbo, y aun así procurar minimizar el efecto negativo que pudiera tener en las restantes condiciones.



Por otro lado, las formas en abanico tan pronunciado en proa hacen que el buque tenga problemas en mala mar, especialmente con la aparición de pantocazos.

Si consideramos los bulbos de acuerdo a la forma de sus secciones transversales podemos clasificarlos del siguiente modo:

- Bulbos de tipo ovalado. Este tipo de bulbos está indicado para buques llenos o finos, con formas de proa en U o en V. a éstos pertenecen los elípticos y los circulares, éstos últimos serán los más indicados cuando el buque opere en mala mar al sufrir poco macheteo
- Bulbos en gota de agua. Este tipo de bulbos se suele presentar en buques con grandes variaciones de calado, y formas de proa en forma de U. Hay que tener en cuenta que con calados reducidos y mala mar este tipo de bulbos da problemas de macheteos.
- Bulbos en forma de peonza o nabla. Este tipo de bulbos se usa en cualquier buque diseñado para el calado en la condición de laste y con formas de proa en forma de V. son los más empleados debido a su buen comportamiento en mala mar.

En buques portacontenedores es usual utilizar bulbos altos, en forma de peonza, que amortiguan los movimientos de arfada y cabeceo del buque (muy importantes debido a las formas en V de la zona de proa).

4.1 PARAMETROS PRINCIPALES DEL BULBO

Los parámetros principales del bulbo son los siguientes:

- 1) altura del punto de protuberancia máxima (hx):

Es el parámetro fundamental a la hora de definir el bulbo; es la altura desde la línea base al punto de máxima protuberancia del buque, suele adimensionar con el calado estando



comprendido entre el 35-55% del calado en proa para esa condición de carga, generalmente se adopta el valor del 45% del calado.

Durante la fase de predimensionamiento del buque se había tomado el valor preliminar de:

$$H_x = 0,45 \times T_p = 3,33 \text{ m.}$$

Sin embargo, como se ha decidido utilizar un bulbo en forma de peonza, es necesario incrementar esta cifra hasta una cifra superior:

$$H_x = 5,517 \text{ m.}$$

De aquí sacamos que la relación $H_x / T_p = 0,746 = 74,6 \%$

2) Abcisa del punto de máxima protuberancia (x):

Es la distancia desde la perpendicular de proa hasta el punto de mayor abcisa. Se adimensionaliza con respecto a la eslora entre perpendiculares, observando los valores de bulbos de portacontenedores de similares características, vemos que la relación X/L_{pp} está entre el 2,5% al 5%.

En nuestro caso, medimos mediante el Autocad el valor de X una vez hecha la transformación dándonos un valor de:

$$x = 4,717 \text{ m.}$$

Si dividimos $x/L_{pp} = 4\%$, valor que aunque un poco más alto que la media, está dentro de los límites.

3) Área transversal en la cuaderna 20, adimensionalizada con el área de la cuaderna maestra (Sa20).



Se puede estimar a partir de la relación eslora-manga y del coeficiente de bloque, entrando en la tabla del libro Proyecto del buque mercante e interpolando en ambas direcciones se obtiene:

ÁREA TRANSVERSAL, $S_{a20}=100 \times S_{20}/S_{10}$

LPP/B	CB						
	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85
4,80	5,6	6,2	6,6	7,2	7,9	8,6	9,3
5,00	5,8	6,4	6,9	7,4	8,2	8,8	9,5
5,20	6,1	6,7	7,3	7,8	8,4	9,0	9,8
5,40	6,3	6,9	7,6	8,1	8,6	9,3	10,1
5,60	6,5	7,2	7,8	8,4	8,9	9,6	10,4
5,80	6,7	7,4	8,0	8,6	9,2	9,9	10,7
6,00	6,9	7,6	8,2	8,8	9,5	10,2	11,0
6,20	7,2	7,9	8,5	9,1	9,7	10,5	11,3
6,40	7,5	8,1	8,7	9,3	10,0	10,8	11,6
6,60	7,8	8,4	9,0	9,6	10,3	11,1	11,9
6,80	8,0	8,6	9,2	9,8	10,5	11,4	12,2
7,00	8,2	8,8	9,4	10,0	10,7	11,6	12,5
7,20	8,4	8,9	9,6	10,2	11,0	11,8	12,8

Por tanto, para $L_{pp} / B = 5,52$ y $C_b = 0,689$ nos da un valor de 8,17 pero este sería para una relación de altura $H_x/T=0,45$ que no es nuestro caso.

En nuestro caso hay que multiplicarlo por un 0,1% más por centésima diferencial de 0,45, por lo que nos quedará que hay que aumentarlo en un 0,30% por lo que el valor final será de 8,47% y tendremos:

$$S_{a20}(m^2) = 0,0847 \times C_m \times B \times T_p = 12,99 \text{ m}^2$$



Otro método es mediante el número de Froude ya que antes vimos que estaba dentro de los límites.

$$Sa20 = 40 \times Fn - 3,5 = 7,5 \%$$

$$Sa20(m^2) = 0,075 \times Cm \times B \times Tp = 11,50 \text{ m}^2$$

Por último otra forma sería midiéndolo directamente mediante Autocad en la perpendicular de proa obteniendo

$$Sa20(m^2) = 14,50 \text{ m}^2$$

4.2 REDUCCION DE POTENCIA DEBIDA AL BULBO DE PROA

Por otra parte, hay métodos que permiten estimar el ahorro de potencia conseguido por la incorporación de un bulbo de proa, generalmente estos métodos se basan en el análisis de datos obtenidos en canales de ensayos. Aunque estos métodos tienen evidentes limitaciones, permiten incluir en el proceso de diseño una mejora en las formas que redunde en una disminución de la potencia propulsora. En nuestro caso, haremos uso del método de Holtrop para analizar los resultados que se obtienen en el cálculo de la potencia con bulbo o sin él, como vemos a continuación.

El método de Holtrop confirma este ahorro energético, pues aunque no es un método apropiado que mide la cantidad de variación exactamente de potencia, por no modificar más valores que los del bulbo, sí es un indicador de la tendencia, y como tal podemos usarlo. Aplicamos Holtrop conservando los valores restantes salvo los del bulbo apreciándose unos resultados satisfactorios produciéndose una disminución de la potencia propulsora del buque.



5 BULBO DE POPA

El bulbo de popa se utiliza en aquellos casos en que interesa uniformizar el campo de estelas en la zona de trabajo de la hélice y del timón.

Como aspectos positivos de tener un bulbo a popa tenemos:

- Regulariza el campo de estelas en la zona hélice-timón evitando gradientes circunferenciales. Esto provoca un aumento del rendimiento rotativo relativo lo que conlleva un aumento del rendimiento del propulsor; así como una disminución de las vibraciones inducidas por el propulsor a través del eje en la zona de la bovedilla.
- Por otro lado, debido a la uniformización del flujo que le llega a la hélice y el timón se produce una disminución del riesgo de cavitación del propulsor y un aumento del rendimiento del timón.

Sin embargo, como aspecto negativo de colocar un bulbo en la popa, tenemos que se provoca un aumento de la resistencia friccional del casco; sin embargo este aumento de la resistencia suele verse compensado con un aumento del rendimiento del propulsor.

Antes de decidir si es aconsejable o no la instalación de un bulbo de popa, es necesario que dispongamos de datos fiables del comportamiento de la carena con él. En este punto del proyecto no disponemos de estos datos, sin embargo, hemos optado por incluir bulbo de popa ya que las formas de referencia que hemos cogido lo tienen y pertenecen a un buque construido. Todo ello a pesar de que a no ser que se tuvieran unos estudios hidrodinámicos muy favorables, la incorporación del mismo provocaría un gran trastorno y coste de construcción.

Además de por esta razón, P. O'Dogherty suele recomendar la colocación de un bulbo de popa en buques de una hélice, llenos, de alto coeficiente de bloque y relativamente rápidos, como sucede con nuestro buque.



En cuanto al diseño del bulbo, éste es bastante sensible a pequeñas variaciones en el semiángulo de salida de las líneas de agua en el contorno del codaste. Nosotros hemos instalado un bulbo de popa similar al del buque de cuyas formas hemos partido.

6 DEFINICION DE FORMAS

Para la definición de formas hemos utilizado, como hemos explicado anteriormente, los módulos del proyecto correspondientes del programa Foran:

- La definición de formas se ha realizado mediante el módulo FORMF
- La generación del plano de formas se ha realizado mediante el módulo DECKB (*Anexo II*).
- La curva de áreas del buque se ha realizado mediante el módulo HYDROS, la cual nos ofrece una visión global de la capacidad de la carena y de sus aptitudes hidrodinámicas (*Anexo III*).

7 COMPROBACIONES

Antes de considerar definitivas las formas obtenidas en los apartados anteriores, comprobamos si cumplen los requisitos iniciales.

Mediante el módulo FORMF de Foran obtengo los valores de nuestras formas que comparados con los obtenidos en el Cuaderno 1 nos da:

CONCEPTO	BUSCADO	FORMAS	DIFERENCIA	MARGEN ADMISIBLE
Desplazamiento	12671	12724	0,42%	+ 2 %
Altura metacéntrica, KM	9,104	9,163	0,64%	+ 2 %
Centro de carena, Xcc	57,837	57,529	-0,55%	± 2 %
Coefficiente de bloque, Cb	0,698	0,689	-1,25%	± 2 %
Coefficiente de la flotación, Cf	0,825	0,829	0,50%	± 2,5 %
Coefficiente de la maestra, Cm	0,978	0,987	0,95%	± 2 %

Como se puede observar las desviaciones están dentro de los márgenes admisibles.



Con las formas así definidas se ha comprobado lo siguiente:

La disposición de contenedores, incluyendo espacio suficiente para doble casco y el doble fondo, varía respecto a la disposición del cuaderno 1; sin embargo, al tener unas formas dentro de los márgenes admisibles, se consideran como válidas. De igual modo se ha comprobado el espacio asignado para el motor elegido, diámetro de la hélice, posición del eje, hélice y timón, dimensiones de obra viva y muerta para contenedores y altura en espaciado del servomotor (sobre la hélice en popa).

Terminadas todas estas comprobaciones procedimos a un alisado de las formas, que ya quedarán como definitivas y que serán las que usaremos para cálculos posteriores.

8 ANEXOS



ANEXO I

DISPOSICION DE CONTENEDORES





ANEXO II

PLANO DE FORMAS





ANEXO III

CURVA DE AREAS

DISPOSICION SOBRE LA PLANTA DE LOS CONTENEDORES			TOTAL	650
DISPOSICION EN PLANTA DE LAS BODEGAS	326		DISPOSICION EN PLANTA DE LAS CUBIERTAS	324

TOTAL	84
-------	----

TOTAL	51
-------	----

TOTAL	84
-------	----

TOTAL	91
-------	----

TOTAL	82
-------	----

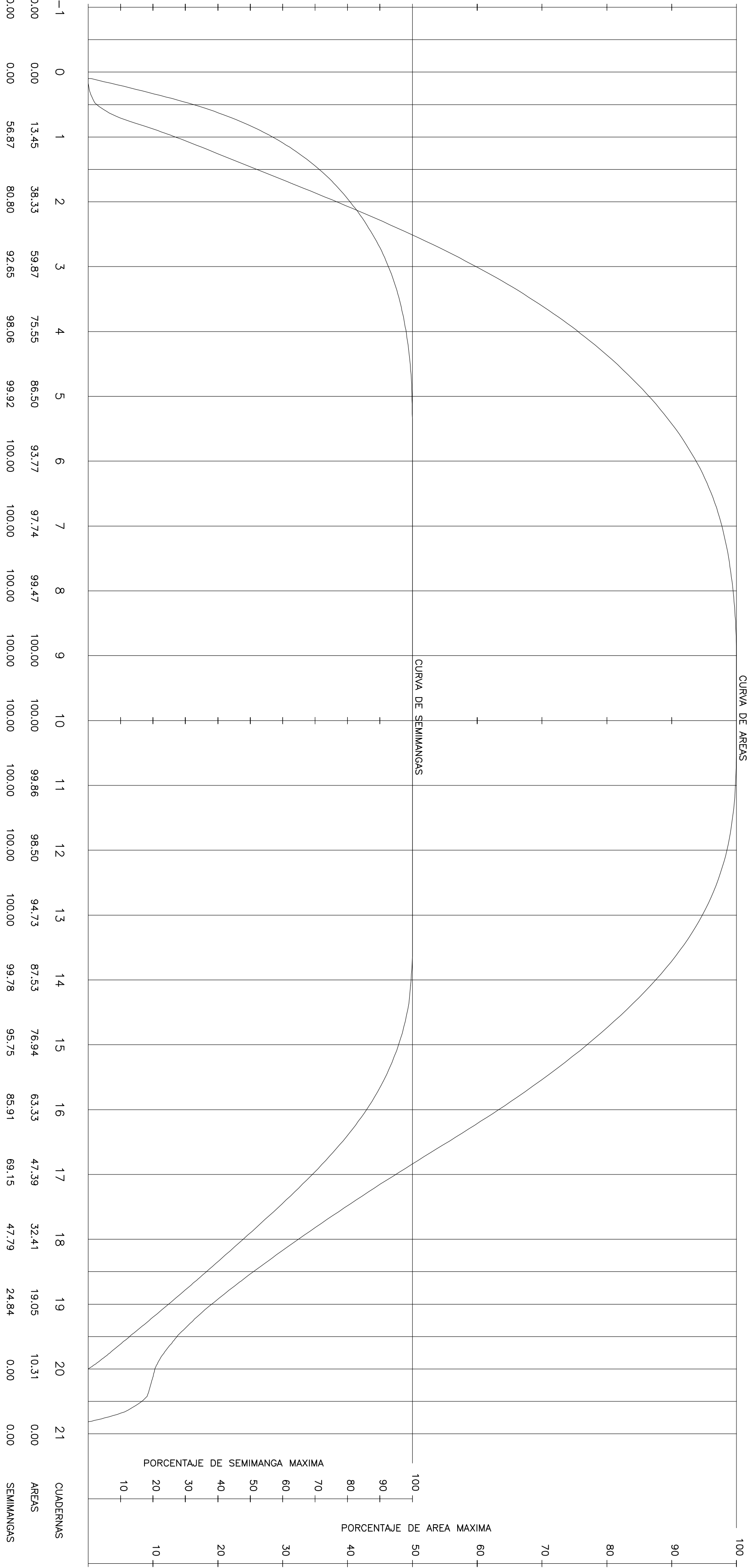
TOTAL	91
-------	----

TOTAL	76
-------	----

TOTAL	91
-------	----

51

28 54 56 56 56 56 56 51 49 49 49 47 43 650



CALADO DE OBTENCION CURVA AREAS SECCIONALES T TC = 7.400 M



INDICE:

1	INTRODUCCIÓN.....	3
2	MAMPAROS Y CUBIERTAS.....	5
3	ZONA DE CARGA.	7
3.1	BODEGAS.	7
3.2	CONTENEDORES SOBRE CUBIERTA	8
4	CAMARA DE MAQUINAS	9
5	PIQUES	10
5.1	PIQUE DE POPA	10
5.2	PIQUE DE PROA	10
6	TANQUES.....	11
6.1	TANQUES EN ZONA DE BODEGAS.	11
6.2	TANQUES EN CÁMARA DE MÁQUINAS	13
6.3	TANQUES EN LOS PIQUES.	14
7	REGLAMENTACION APLICABLE	14
7.1	SEGURIDAD DE LA VIDA EN LA MAR (SOLAS).	14
7.2	ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO (O.I.T.)	15
7.3	ORGANIZACIÓN MARÍTIMA INTERNACIONAL (I.M.O.)	16
8	HABILITACIÓN.....	17
8.1	ESPACIOS DE ALOJAMIENTO	19
8.2	OTROS ESPACIOS	20
9	FLUJOS.....	21
9.1	ALIMENTOS / BASURAS	21
9.2	TRIPULACIÓN / TRABAJO	22
9.3	RUTAS DE ESCAPE / SALVAMENTO	23
10	DISPOSICION GENERAL	23
11	VISIBILIDAD	23
12	ANEXOS	24



Proyecto 1624

PORTACONTENEDORES 650 TEU'S

Cuaderno 3: **DISPOSICION GENERAL**



1 INTRODUCCIÓN.

El buque de proyecto es un portacontenedores de 650 TEUS, el cual dispondrá de tres bodegas para el transporte de los mismos.

Presenta proa de bulbo, castillo de popa, popa de espejo y codaste abierto.

Las características principales del buque son:

- Eslora entre perpendiculares: 116,00 m.
- Manga de trazado: 21,00 m.
- Puntal de trazado: 12,20 m.
- Calado de proyecto: 7,40 m.
- Coeficiente de bloque a ese calado: 0,689
- Abcisa del centro de carena: 0,479 m.
- Coeficiente de la flotación: 0,829
- Coeficiente de la maestra: 0,987

En nuestro caso el buque no dispondrá de sistema propio de carga y descarga, sino que éste es aportado por la infraestructura de los puertos en ruta. Al ser un buque sin escotillas, la estructura del mismo es abierta. Como consecuencia de esto, se pierde rigidez, para lo cual se dispone de un doble casco formando una caja de torsión debajo de la bodega principal.

El esquema de la disposición general del buque se va a realizar siguiendo las disposiciones más habituales que se pueden encontrar en buques del mismo tipo ya contruidos. La configuración habitual de los portacontenedores de un tamaño pequeño o medio es similar a la de la mayor parte de los buques mercantes convencionales, es decir, cámara de máquinas y superestructura a popa, zona de carga en la parte central del buque y castillo a proa.



En buques portacontenedores de mayor tamaño se sitúa en ocasiones la cámara de máquinas y la superestructura a las tres cuartas partes de la eslora, con lo que se aprovecha mejor el espacio de la cámara de máquinas y se consigue una mejor distribución longitudinal de pesos evitando así la necesidad de superestructuras muy altas, sin embargo esta disposición tiene como inconveniente que se alarga la línea de ejes, con los problemas que eso conlleva, además se pierde una parte central del casco muy útil para bodegas de carga.

En el cuaderno 1 se realizaron los estudios sobre la disposición anteriormente apuntada, obteniendo unos primeros valores sobre las dimensiones del buque y sus características principales. En este cuaderno se aclarará más el por qué de estas decisiones y se darán las dimensiones principales finales con las que se trabajará en el proyecto.

La sección en la zona central de buques de estas características está formada casi siempre por un doble fondo y por un doble forro en el costado. Ésta es una de las posibilidades que nos ofrece el reglamento de Bureau Veritas, la más habitual en portacontenedores, y la que se adoptará.

Al considerar la distribución de los espacios en el buque siempre tendremos que tener presente la configuración de la estructura resistente del buque.

La bodega de carga ocupa toda el área útil de la sección, permitiendo la estiba de contenedores mediante movimientos exclusivamente verticales, sin necesidad de desplazamientos adicionales. El tipo de estructura habitual en la zona de carga se caracteriza por una estructura de tipo longitudinal en el doble fondo y bien de tipo longitudinal o transversal en el doble costado, dependiendo del tamaño del buque; habitualmente se usa la disposición transversal para buques grandes y la longitudinal en los pequeños.

En ambos casos, la parte alta del costado se diseña como estructura longitudinal habilitando esta zona como caja de torsión que permita resistir los esfuerzos de torsión



que se producen en las aberturas de las escotillas de carga, en nuestro caso aún mayores al ser un buque tipo hatchcoverless que puede presentar estos problemas de torsión.

Optamos por tomar una estructura longitudinal en toda la zona de carga que detallaremos con más detenimiento en el cuaderno 6.

En cámara de máquinas y piques de popa y proa se utilizan estructuras muy reticuladas, similares a las de la mayoría de buques de carga general, ya que en estas zonas, se requiere una mayor resistencia local.

El principal condicionante sobre la distribución de espacios viene determinado por el comportamiento transversal y longitudinal del buque que se determina por el espaciado de los elementos resistentes transversales en el doble fondo que tienen que aguantar el esfuerzo de los contenedores. En el doble forro también es conveniente situar los palmejares de modo que sirvan de apoyo a las plataformas que aparecen en las bodegas extremas de proa y popa al estrecharse la carena del buque y no permitir la ubicación de contenedores en las zonas más finas.

De cualquier modo, el diseño de la disposición general del buque se va a hacer siempre adaptándose a la estructura elegida haciendo coincidir todos de mamparos transversales con cuadernas para así dar continuidad a dicha estructura.

2 MAMPAROS Y CUBIERTAS

La clara de cuadernas que hemos elegido en nuestro buque es la misma para la zona de carga y para la cámara de máquinas, siendo diferente en los piques de proa y popa.

En el pique de popa es necesario que la estructura soporte los empujes de la hélice, así como posibles vibraciones. Por otro lado, en el pique de proa se soportarán los esfuerzos causados por posibles varadas y golpes de mar. En estas dos zonas la clara de cuadernas será por tanto menor que en el resto del buque. Hemos escogido un valor de 610 milímetros para ambos piques.



En el resto del buque, tanto en bodegas como en cámara de máquinas, la clara de cuadernas será de 700 milímetros, lo que aportará una mayor facilidad de construcción.

La elección de estos valores no es casual, las sociedades de clasificación exigen e indican una serie de valores mínimos y máximos entre los que se encuentran los que hemos elegido. El valor de 700 milímetros lo hemos elegido de tal modo que la eslora de la bodega sea múltiplo de dicho valor. El valor de 610 milímetros también se encuentra dentro del rango exigido y se usa al comprobarse su validez para otros buques portacontenedores construidos y operativos.

Además, el espacio entre bodegas está elegido de tal forma que los mamparos apoyen en una cuaderna.

En definitiva, hemos elegido unas dimensiones de bodegas, cámara de máquinas y espaciado entre bodegas, de tal forma que nos permitan tener una clara de cuadernas constante a lo largo de todo el buque, exceptuando los piques, donde se requiere una clara más pequeña debido a los esfuerzos a los que va a estar sometida la estructura.

Se ha optado por situar una bulárcama cada tres cuadernas a lo largo de las zonas de cámara de máquinas y bodegas, de modo que en éstas últimas tengamos siempre una bulárcama entre contenedores. Esto es debido a que, como veremos en los cálculos estructurales del cuadernillo 6, se exige que haya una bulárcama cada tres cuadernas.

Del mismo modo, con la clara de cuadernas elegida, la posición de los mamparos transversales coincidirá con una cuaderna tanto en la zona de bodegas como en la cámara de máquinas.

Las cubiertas que tendremos serán la de doble fondo; situada a 1,3 metros sobre la línea base, la cubierta principal; a 12,2 metros sobre la línea base, la cubierta intermedia; a 9,2 metros sobre la línea base y, por último, la cubierta de castillo; a 14 metros sobre la línea de base. Tenemos además 4 cubiertas de habitación A, B, C y D.



La cubierta situada a 9,2 metros sobre la línea de base, denominada cubierta intermedia, se considera como tal ya que su altura coincide con el cajón de torsión que se dispondrá a lo largo de toda la zona de bodegas, por lo que se consigue la continuidad estructural necesaria para considerarla una cubierta.

3 ZONA DE CARGA.

3.1 BODEGAS.

Debido a las dimensiones del buque y a la distribución de los contenedores, el buque dispone de tres bodegas de carga para la ubicación de los contenedores a bordo. Dichas bodegas podríamos denominarlas como “dobles” ya que lo más común es disponer bodegas de cuarenta pies de longitud en lugar de ochenta como es nuestro caso. Esta solución que adoptamos presenta un único gran inconveniente: el nivel de subdivisión; pero si se salva este escollo, esta configuración de bodegas dobles supone una gran ventaja en cuanto a ahorro de acero, facilidad de construcción y versatilidad de carga.

Esto puede ocasionarnos problemas al estar en estabilidad en averías, sin embargo, dotando al buque de un cierto grado de reserva de estabilidad adicional a la estimada como óptima, nos permitirá avanzar en el proyecto con la tranquilidad de tener garantizada la seguridad del buque en términos de estabilidad.

Además de la compartimentación mínima exigible al buque, otro condicionante que tienen las dimensiones de las bodegas es la propia carga, ya que los contenedores que transportan están normalizados, siendo sus dimensiones de veinte pies de largo por ocho de ancho para los tipo TEU y cuarenta de largo por ocho de ancho para los tipo FEU, pudiendo ambos tipos de contenedor presentar alturas de ocho o nueve pies, a fin de poder cargar dos FEU en eslora en cada bodega, lo cual, como hemos dicho antes, aporta una gran versatilidad al buque en sus posibilidades de carga de contenedores.



Teniendo en consideración todos estos aspectos, resulta que cada bodega tendrá una eslora total de 25,2 metros.

De este modo, las bodegas de carga dispondrán de 36 claras de cuaderna en el doble fondo, estableciéndose una bulárcama cada 3 cuadernas.

Una vez finalizada la bulárcama, se establece un cofferdam que da la separación con la bodega siguiente y que permite la ubicación de lastre o consumos de HFO en dicho espacio; a este espacio se le asignan 3 claras de cuadernas (2,1 metros).

Por último, se sitúa un cofferdam entre la última bodega y el mamparo estanco de proa con una longitud el doble que los anteriores (6 claras de cuadernas) y que se usará como espacio para lastre.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, podemos confeccionar la siguiente tabla en la que se muestran las características más relevantes de las bodegas.

BODEGA	Cuadernas	Longitud	Nº Contenedores
1	36-72	25,2	124
2	75-111	25,2	134
3	114-150	25,2	79

3.2 CONTENEDORES SOBRE CUBIERTA

En los buques portacontenedores sin escotillas, los contenedores que pueden llevarse sobre cubierta está más condicionados que en aquellos que si disponen de escotillas.

Si tuviésemos escotillas, podríamos intentar adaptar el número de contenedores dispuestos en manga para poder aprovechar toda la dimensión del buque. Sin embargo, al no tenerlas debemos buscar continuidad entre los contenedores sobre cubierta y bajo cubierta, por lo que tendríamos la posibilidad de 7 o 9 contenedores en manga. Debido a



la manga de nuestro buque, vemos que la única alternativa viable es la de 7 contenedores en manga sobre cubierta, sin cargar en los costados.

Otro condicionante para el número de contenedores a cargar sobre cubierta es la estabilidad, ya que cuantas más filas se carguen, mayor altura irá tomando el centro de gravedad del buque. Con las estimaciones hechas en el cuaderno 1, pudimos observar que este punto no iba a causarnos problemas.

El último condicionante es el de la visibilidad. Este apartado se analizará con más detalle al final del cuaderno, pero anticipamos aquí que la configuración de contenedores elegida cumple los requisitos de visibilidad impuestos.

4 CAMARA DE MAQUINAS

Como se indicó en el cuaderno 1, la cámara de máquinas irá situada a popa de la zona de carga. Con esto se consigue un mejor aprovechamiento del espacio de carga y la disminución de la longitud del eje de cola.

La eslora de la cámara de máquinas depende de la potencia de la instalación propulsora principalmente, pues la eslora mínima es la longitud del equipo propulsor.

En la cámara de máquinas debe ubicarse el equipo propulsor y otros servicios. Estará limitada a popa por el mamparo estanco del pique de popa, y a proa por otro mamparo estanco que limita la zona de carga.

La altura del doble fondo es la misma que en zona de carga, 1,3 metros que cumple con los requisitos de altura mínima según la SSCC.

La clara entre cuadernas en esta zona es también de 700 mm. La cámara de máquinas estará situada entre las cuadernas 12 y 36 con una longitud de 16,8 m.



La descripción completa de la cámara de máquinas se realizará en el cuaderno correspondiente.

5 PIQUES

Tanto en el pique de popa como en el pique de proa, la clara de cuadernas la vamos a reducir a 610 mm. respecto al resto del buque, para así poder contrarrestar el aumento de esfuerzos localizados en esas zonas.

5.1 PIQUE DE POPA

Su posición viene determinada por la bocina de la hélice, no existiendo longitudes mínima y máxima requeridas por la Sociedad de Clasificación. Comenzará en el extremo de popa del buque, en la zona del espejo y se extiende hasta la zona de la bocina, en la cuaderna 12.

En el espacio que queda sobre la bobedilla se instalará el local del servomotor. Dicho local del servomotor tiene dos salidas a la cámara de máquinas y otra salida a cubierta principal mediante una escala de gato.

5.2 PIQUE DE PROA

La eslora del pique de proa viene directamente determinada por la posición del mamparo de colisión. Dicha posición viene dada tanto por el SOLAS parte B regla 11, como por la sociedad de clasificación que dice en su Sección 4 que debe localizarse en una eslora (L_{LL}) tomada a un calado del 85% del puntal, a una distancia comprendida entre el 5% y el 8% de L_{LL} ; si hay bulbo, el punto de media se debe de alejar un 1,5% a proa de la perpendicular.



Así:

$$L_{LL} = 122,49 \text{ m}$$

$$8\% L_{LL} = 9,80 \text{ m}$$

$$5\% L_{LL} = 6,12 \text{ m}$$

Como hay que adelantar el punto de medida al tener bulbo, se le resta al máximo (que es nuestra elección) el 1.5%, con lo cual el mamparo de proa se ha de situar a 7,96 m de la perpendicular de proa, o sea a 108,04 m del origen. En nuestro caso se localiza en la cuaderna 156 (109,2 m de la perpendicular de popa), lo cual entra dentro de los límites.

En el pique de proa se encontrará alojada la cámara de la hélice de proa y en el castillo varias estancias: un pañol de marinería, otros pañoles (pintura) y una sala de CO2 para pañol pintura y local de hélice de proa.

6 TANQUES

En este apartado se darán la situación y capacidades de los diversos tanques del buque. En el cuaderno relativo a la planta propulsora y a la cámara de máquinas se expondrán, con todo detalle, las razones en el dimensionamiento de algunos de los tanques. En este cuaderno, nos vamos a centrar en determinar capacidades y localizaciones de los tanques.

6.1 TANQUES EN ZONA DE BODEGAS.

Se considera que esta zona se extiende desde el mamparo de proa de la cámara de máquinas hasta el pique de proa.

Se distinguen principalmente dos tipos de tanques según su contenido: tanques de almacenamiento de Fuel Oil y tanques de lastre.



La elección de disponer un túnel de tuberías en el doble fondo, se basa, por un lado, en la ventaja de tener un espacio para colocar las tuberías necesarias para el transvase de lastre, así como de tener un acceso a las mismas; mientras que por el otro lado, tenemos la desventaja de tener un espacio comunicado a lo largo de toda la eslora de la zona de bodegas, lo que supone, en cierta medida, una disminución de la seguridad frente a las vías de agua. Al final, optamos por disponer de dicho túnel, de modo que permita el paso de una persona para realizar las tareas de inspección y mantenimiento de las tuberías. Dicho túnel estará situado entre el mamparo de proa de la cámara de máquinas y el mamparo de colisión de proa, teniendo una manga el túnel de 2,5 metros (1,25 metros a cada banda). Se dispondrán de los medios adecuados de estanqueidad necesarios para minimizar el posible impacto negativo de la seguridad.

Los tanques de lastre irán situados en doble fondo y doble y en el doble casco del buque. Éste último quedará definido como el espacio entre el casco y las formas que dejan los contenedores en su disposición en bodegas.

Todos los tanques serán simétricos respecto a crujía.

Los tanques de doble fondo estarán separados por vagras estancas.

Los tanques laterales llegarán hasta el doble fondo, siendo su límite superior 3 metros por debajo de la cubierta principal.

Para conseguir una mayor versatilidad en los estados de carga, los tanques de lastre deberán ser muchos y de gran capacidad. Para ello aprovechamos al máximo los espacios sobrantes entre la distribución de contenedores en las bodegas y el doble casco del buque.

En la zona de bodegas también se encuentran los tanques de almacén de Fuel Oil. Están situados en los espacios comprendidos entre dos bodegas, en el interior del doble casco de manera que sus pareces no estén en contacto directo con el mar. El volumen de los



misimos se calculará en el siguiente apartado a que su capacidad está relacionada con los tanques de consumos.

6.2 TANQUES EN CÁMARA DE MÁQUINAS

En la cámara de máquinas se situarán los tanques necesarios para contener y recoger los fluidos que permiten el correcto funcionamiento de la planta propulsora, ya sean del motor principal como de sus equipos auxiliares.

Las capacidades de estos tanques estarán de acuerdo con lo especificado por el fabricante en cuanto a consumos.

El motor principal y los motores auxiliares van a operar con fuel pesado en condiciones normales de trabajo, sin embargo, siempre es necesario disponer de un tanque almacén de combustible ligero. Este tipo de combustible se utilizará para arranques en frío, maniobrar y para limpiar tuberías antes de una parada prolongada. Esto es debido a que, si no se procediese de esta manera, sería necesario mantener la circulación y la calefacción durante la parada. También se utilizará este diesel para arrancar los auxiliares en caso de emergencia. El almacenamiento de combustible ligero se completará con un tanque de servicio diario para diesel oil.

En la zona alta de la cámara de máquinas se situarán todos aquellos tanques que contienen fluidos que han de alimentar a las máquinas, tales como los tanques de sedimentación y servicio diario de fuel oil y diesel oil, tanques de almacenamiento de aceite lubricante, tanques de agua dulce, tanques de agua destilada, tanques de alimentación de calderas, etc. En ellos se dispondrán los cofferdams necesarios con el fin de evitar posibles contaminaciones de un fluido a otro.

Por otra parte, en el doble fondo se situarán todos aquellos tanques destinados a recoger los fluidos procedentes de la maquinaria, tales como el aceite de retorno del motor principal, de aceite sucio, reboses de fuel oil, derrames, aguas aceitosas, aguas grises, lodos, etc.



6.3 TANQUES EN LOS PIQUES.

El pique de proa tiene un único tanque central mientras que el de popa está dividido por crujía en dos tanques iguales de lastre.

En el pique de popa se habilitará, además, los tanques hidráulicos para el cierre de la bocina.

Todos los tanques, así como sus capacidades, están resumidos en el anexo I.

7 REGLAMENTACION APLICABLE

La reglamentación que vamos a utilizar es la siguiente:

7.1 SEGURIDAD DE LA VIDA EN LA MAR (SOLAS).

Los puntos a resaltar de los capítulos II-2 y II referentes a la protección y lucha contra incendios son:

- *Espacios:* Dispondrán de, al menos, dos vías de escape independientes, una principal y otra secundaria. No son considerados como tales los ascensores.
- *Escaleras:* Hay que colocar una puerta contraincendios en cada cubierta en la vía de escape principal.
- *Pasillos:* Si la longitud es igual o superior a 7 m, dispondrá de dos vías de escape. Éstas deberán estar distanciadas lo máximo posible. De esta forma se eliminarán los “pasillos ciegos”.



En cuanto a los medios de salvamento, el buque estará dotado de:

- *Balsas salvavidas:* Inflables cuya capacidad conjunta en cada banda baste para dar cabida al número total de personas a bordo (17). Dispondremos de tres, una a cada banda y otro en proa; todas dispondrán de medios de puesta a flote.
- *Botes de rescate:* Llevaremos un bote de rescate en la cubierta principal.
- *Botes salvavidas:* Un bote salvavidas de caída libre con capacidad para 17 personas situado en popa de la superestructura.
- *Hospital:* Obligatorio para tripulaciones de más de 12 personas y trayectos de más de tres días. Con un número de camas igual al número de los tripulantes dividido entre 12, es decir, 2.

7.2 ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO (O.I.T.)

Nos ofrece algunas recomendaciones para las dimensiones de la habitación:

- *Superficie mínima de los camarotes (incluyendo litera, armario, mesa y silla):*
 - Camarotes con 1 persona de la tripulación 4.25 m²
 - Camarotes con 2 personas de la tripulación 6.50 m²
 - Camarotes de oficiales con 1 persona sin salón privado 7.50 m²
- *Superficie mínima del comedor:*
 - Comedor de tripulación 1 m²/persona
 - Comedor de oficiales 1 m²/persona
- *Dimensiones mínimas de:*
 - Literas 190 x 80 cm
 - Escaleras (anchura libre) 762 mm (paso de 11 a 20 personas)
712 mm (paso de 1 a 10 personas)
 - Puertas idem que las escaleras.



- *Altura:*
 - Libre 1.98 m
 - Entre cubiertas en el puente 2.80 m
 - Entre cubiertas en el resto 2.80 m
- *Un aseo:*
 - Para cuatro tripulantes que no dispongan de él en su camarote.
 - En las proximidades del puente.
 - En las proximidades de la cámara de máquinas.
 - En las proximidades de la cocina.
- *Se recomienda que no haya más de dos tripulantes por camarote.*
- *Para el Capitán y el Jefe de Máquinas sendos salones contiguos a sus camarotes.*

7.3 ORGANIZACIÓN MARÍTIMA INTERNACIONAL (I.M.O.)

En la resolución A.468(12), se dan los niveles admisibles de ruido y se realizan las siguientes recomendaciones:

- Los alojamientos se situarán, tanto vertical como horizontalmente, lo más lejos posible de las fuentes de ruido (hélice, motores, ...)
- Guardacalor, si es posible, fuera de la zona de habitación.
- Separación de los espacios de alojamiento de los de máquinas mediante espacios no ocupados (locales sanitarios, aseos, ...)



8 HABILITACIÓN.

La habilitación del buque está situada en el interior de la superestructura la cual va a estar situada entre las cuadernas 8 y 23. La altura de la superestructura debe ser tal que garantice una visibilidad desde el puente de, al menos, dos esloras.

Lo más adecuado, desde el punto de vista funcional, es que la superestructura apoyase sobre los dos mamparos que delimitan la cámara de máquinas: el del pique de popa y el de proa de la cámara de maquinas. De este modo el conjunto tendría mayor rigidez consiguiendo reducir las vibraciones en la superestructura. En su contra esto provocaría un aumento innecesario de la eslora de la superestructura con su consiguiente aumento en el peso provocando una reducción de la estabilidad y la capacidad de carga.

Por esto, la superestructura apoyará en popa en el mamparo del pique mientras que en proa lo hace sobre la cámara de máquinas mediante dos puntales para aumentar la rigidez de la estructura y atenuar las vibraciones transmitidas a la habilitación. De este modo, conseguimos minimizar las dimensiones de la superestructura y conseguimos un espacio situado a proa de la superestructura que nos facilitará las operaciones de carga de elementos para la tripulación así como de piezas de recambio para la maquinaria.

La superestructura se sitúa separada del guardacalor (cuadernas 3 y 8) para evitar las vibraciones producidas por los gases de escape.

Toda la habilitación, incluido el puente, estará agrupada en seis cubiertas, que señalaremos a continuación:

- Cubierta del puente de gobierno
- Cubierta de oficiales nº 2
- Cubierta de oficiales nº 1
- Cubierta de marinería
- Cubierta toldilla
- Cubierta principal



Para cumplir los parámetros de diseño, el buque tendrá que disponer de un nivel de automatización suficiente para navegar con 17 tripulantes.

Para la distribución de los distintos espacios en la habilitación se han tenido en cuenta los siguientes aspectos:

- El hospital debe ser de fácil acceso, por ello lo situaremos lo más cerca posible de las escaleras y de una salida al exterior de la superestructura. Irá en la cubierta principal.
- El local del aire acondicionado estará lo más aislado posible para minimizar los efectos de la transmisión de ruido a los espacios de a bordo y su superficie será de al menos el 4% de la superficie total de la habilitación que vaya a disponer de este servicio.
- La gambuza se situará en la cubierta toldilla con acceso directo al exterior para facilitar las labores de carga, disponiendo de un montacargas para tener acceso directo a la cocina. El acceso directo al exterior se realiza mediante una escotilla en la cubierta de toldilla.
- El comedor de oficiales y el de tripulación serán independientes
- La cocina tendrá fácil acceso a los comedores.
- La sala de CO₂ se situará en la cubierta principal con acceso directo desde la misma. También se dispondrá de otra sala de CO₂ situada en el castillo para dar servicio a las instalaciones situadas en dicha zona.
- En al menos una de las dos vías de evacuación del buque, las escaleras se dispondrán longitudinalmente (proa-popa) para que, en caso de accidente, la escora no se sume a la inclinación de la escalera.
- Se dispondrá de un pequeño montacargas/ascensor que comunique todas las cubiertas de alojamiento con la cubierta principal donde se hallan situados el local de lavandería y plancha y el pañol de ropa.



8.1 ESPACIOS DE ALOJAMIENTO

Los camarotes serán iguales, en lo posible, para tender a la modularización, con continuidad entre cubiertas para facilitar la distribución de los servicios.

La acomodación a bordo, pensada para los 17 tripulantes, incluidos 1 alumno y el armador, está distribuida en camarotes de la siguiente forma:

- *Cubierta de oficiales nº2*
 - *Capitán*
 - *Jefe de Máquinas.*

- *Cubierta de oficiales nº1*
 - *Armador.*
 - *1º Oficial.*
 - *1º Oficial de máquinas.*
 - *2º Oficial.*
 - *2º Oficial de máquinas.*
 - *3º Oficial.*
 - *3º Oficial de máquinas.*

- *Cubierta de marinería*
 - *2 Contramaestres.*
 - *Alumno.*
 - *Electricista.*
 - *Mecánico.*
 - *5 Marineros multifunción.*



8.2 OTROS ESPACIOS

Distribuidos por cubiertas, se han dispuesto los siguientes espacios.

- *Cubierta del puente de gobierno*
 - *Puente de gobierno.*

- *Cubierta de oficiales nº2*
 - *Sala de baterías.*
 - *Pañol general.*
 - *Aseo.*

- *Cubierta de oficiales nº1*
 - *Pañol general.*

- *Cubierta toldilla*
 - *Comedor de oficiales.*
 - *Sala de oficiales.*
 - *Comedor de marinería.*
 - *Sala de marinería*
 - *Sala de audiovisuales.*
 - *Biblioteca.*
 - *Cuarto de basuras.*
 - *Cocina.*
 - *Gambuza refrigerada.*
 - *Sala de ordenadores/Internet.*
 - *Tienda.*
 - *Aseo.*



- *Cubierta principal*
 - *Local de aire acondicionado.*
 - *Habitación de CO2.*
 - *Taller.*
 - *Pañol de repuestos.*
 - *Gimnasio.*
 - *Enfermería.*
 - *Habitación de enfermería.*
 - *Lavandería.*
 - *Oficina.*
 - *Gambuza de víveres.*
 - *Pañol de marinería.*
 - *Aseo.*

Sus características geométricas y disposición se muestran con detalle en los planos adjuntos en el anexo II

9 FLUJOS

9.1 ALIMENTOS / BASURAS

Los alimentos se almacenan dentro de la gambuza de víveres, la cual está situada en la cubierta principal que comunica la cocina con el exterior del barco. La operación se realiza mediante un puntalillo que iza la escotilla e introduce los víveres desde el muelle hasta el interior del barco. Posteriormente, los alimentos se distribuirán en las diferentes gambuzas de almacenamiento. Dispondrá de montacargas para facilitar la llegada de los alimentos a la cocina.

El cuarto de basuras estará ubicado en la misma cubierta que la cocina y próxima a la misma, ya que es el lugar donde se generan mayor cantidad de basuras. Dicho cuarto dispone de un hueco que lo comunica con la sala de clasificación de residuos que se encuentra en la cámara de máquinas.



9.2 TRIPULACIÓN / TRABAJO

Las zonas principales de trabajo son:

- *El puente de gobierno:* Donde se gobierna el buque y al que se llega por medio de las escaleras interiores principales situadas en la zona central de la superestructura. También se podrá acceder por las escaleras situadas a cada banda y que comunican cada una de las cubiertas de la superestructura.
- *La cámara de máquinas:* El acceso a la cámara de máquinas se podrá hacer mediante una escalera longitudinal que sube a la cubierta principal, o mediante unas escaleras interiores que comunican con la zona de habilitación. Además, hay una escala de gato para salir a cubierta principal. De este modo, se equipa a la cámara de máquinas de suficientes vías de escape para que, en caso de emergencia, no se quede nadie atrapado en ninguna zona. También existe una trampilla, colocada en la cubierta principal, que permite la salida de grandes piezas de la maquinaria y residuos.
- *La cocina:* Se puede acceder a ella desde el pasillo de la cubierta toldilla.
- *La zona de bodegas:* Esta zona se podrá recorrer gracias al pasillo existente entre los contenedores y el costado en la cubierta principal. También puede recorrerse gracias a un pasillo que se extiende desde el mamparo de la cámara de máquinas hasta el castillo de proa. El cual está situado debajo de la cubierta principal, e interrumpido por los mamparos transversales que delimitan las bodegas. Este pasillo tiene unas puertas estancas para atravesar dichos mamparos.
- *El castillo de proa:* Desde aquí se realizarán las operaciones de amarre fondeo. El pañol de pinturas, el almacén de amarras y el acceso a la hélice transversal de proa también se sitúan en esa zona de la cubierta principal.



9.3 RUTAS DE ESCAPE / SALVAMENTO

El salvamento se realizará mediante un bote de caída libre situado en popa, en la cubierta de marinería. Está comunicado mediante una escalera situada en el interior de la superestructura y mediante una exterior que circula por el guardacalor.

Además, dispondremos de dos balsas salvavidas, una a cada banda y un bote de rescate en la cubierta principal, en la zona de popa, en la banda de estribor con una grúa para lanzarlo al agua.

Por último, habrá una balsa salvavidas en proa, que supondrá el medio de salvamento de aquellos integrantes de la tripulación que puedan quedar aislados en dicha zona

10 DISPOSICION GENERAL

En el Anexo III se incluirán todos los planos necesarios para la completa definición de la disposición general del buque.

11 VISIBILIDAD

Según la normativa del Lloyd's Register y el IMO (Resolución A.708(17)), la zona no visible desde el puente no debe ser mayor que $2 \times L_{pp}$ medida desde el punto más a proa del bulbo, lo que en nuestro caso significa una distancia no mayor de 232.00 m.

Sabiendo las coordenadas del puente y las del punto más alto de la amurada del castillo de proa que interrumpe el rayo visual, podemos calcular analíticamente la visibilidad por proa.

Operando se obtiene que la longitud de la zona de no visibilidad a proa del bulbo es de 158,61 m, cumpliendo por tanto el mínimo reglamentario.



Del mismo modo, podemos realizar esta operación mediante Autocad, como podemos observar en el Anexo IV.

12 ANEXOS



ANEXO I

CAPACIDADES Y CENTROS DE GRAVEDAD DE TANQUES



S I S T E M A F O R A N
=====

MODULO VOLUME VERSION 50

DEFINICION DE ESPACIOS
CAPACIDADES



1

SISTEMA FORAN MODULO VOLUME VERSION 50 RESULTADOS PAG. 007
----- FECHA - 11.07.28
CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

CAPACIDADES INDIVIDUALES

IDSP	DESCRIPCION DEL ESPACIO	VOLUMEN TRAZADO M3	VOLUMEN NETO M3	ALTURA C.DE G. S/B M	TRANSV. C.DE G. M	DISTANC. C.DE G. M P.POPA M
9A01	LASTRE P.PP-12 E	164.4	161.1	7.751	-3.322	3.260
9A02	LASTRE P.PP-12 B	164.4	161.1	7.751	3.322	3.260
9A03	AGUA DULCE SANITARIA	59.3	58.1	10.719	-8.243	5.073
9A04	AGUA DULCE INDUSTRIAL	59.3	58.1	10.719	8.243	5.073
9A05	AGUA ALIMENTAC. CALDERAS	16.1	15.8	10.773	9.051	1.774
9A06	HIDROFORO AGUA FRIA	0.6	0.6	9.512	-4.849	1.380
9A07	HIDROFORO AGUA CALIENTE	0.6	0.6	9.512	-5.550	3.309
9A08	ACEITE DE BOCINA	2.0	2.0	8.200	0.000	6.820
9B01	ALMACEN ACEITE CAMISAS 1	19.4	19.0	9.743	-8.690	13.474
9B02	ALMACEN ACEITE CAMISAS 2	20.3	19.9	9.617	-8.683	14.874
9B03	SERVICIO DIARIO DO	13.7	13.4	7.397	-7.889	17.083
9B04	SEDIMENTACION DO	14.2	14.0	7.188	-8.019	18.659
9B05	SERVICIO DIARIO FO	53.1	52.0	7.078	-8.573	21.831
9B06	REBOSOS FO	12.3	12.0	0.701	-3.119	22.414
9B07	SERVICIO ACEITE MOTOR	18.8	18.4	1.050	0.080	18.045
9B08	EXPANSION	1.0	1.0	0.771	1.336	10.260
9B09	DESAIREACION	1.1	1.1	0.716	1.359	11.765
9B10	ACEITE SUCIO	3.1	3.1	0.686	2.653	19.736
9B11	LODOS	15.2	14.9	0.762	3.512	22.152
9B12	ALMACEN ACEITE MOTOR N1	5.5	5.4	10.712	-9.299	7.810
9B13	ALMACEN ACEITE MOTOR N2	5.5	5.4	10.708	-9.303	8.810
9B14	ALMACEN DO	31.5	30.8	10.800	-8.895	17.520
9B15	SEDIMENTACION FO N1	27.0	26.5	10.800	-8.125	20.685
9B16	SEDIMENTACION FO N2	26.9	26.3	10.800	-8.125	22.910
9B17	SERVICIO ACEITE CAMISAS	1.5	1.5	9.950	-4.520	15.030
9B18	AGUAS ACEITOSAS	8.3	8.2	0.655	0.000	9.534
9C01	DF 36-54 E	90.9	89.1	0.705	-4.154	30.978
9C02	DF 36-54 B	90.9	89.1	0.705	4.154	30.978
9C03	DF 54-75 E	151.9	148.9	0.678	-5.263	44.316
9C04	DF 54-75 B	151.9	148.9	0.678	5.263	44.316
9C05	LAT 36-54 E	316.8	310.5	4.968	-7.976	30.048
9C06	LAT 36-54 B	316.8	310.5	4.968	7.976	30.048
9C07	LAT 54-75 E	248.2	243.2	4.465	-9.092	43.820
9C08	LAT 54-75 B	248.2	243.2	4.465	9.092	43.820
9C09	COFF 72-75 E	206.0	201.9	6.750	-4.500	50.370
9C10	COFF 72-75 B	206.0	201.9	6.750	4.500	50.370
9D01	DF 75-93 E	139.6	136.8	0.668	-5.522	57.715
9D02	DF 75-93 B	139.6	136.8	0.668	5.522	57.715
9D03	DF 93-114 E	143.9	141.0	0.679	-5.072	70.980
9D04	DF 93-114 B	143.9	141.0	0.679	5.072	70.980
9D05	LAT 75-93 E	148.5	145.5	5.270	-9.746	57.718
9D06	LAT 75-93 B	148.5	145.5	5.270	9.746	57.718
9D07	LAT 93-114 E	316.8	310.5	4.362	-8.730	71.440
9D08	LAT 93-114 B	316.8	310.5	4.362	8.730	71.440
9D09	COFF 111-114 E	205.8	201.7	6.755	-4.496	77.670
9D10	COFF 111-114 B	205.8	201.7	6.755	4.496	77.670
9E01	DF 114-132 E	73.7	72.2	0.713	-3.665	84.255
9E02	DF 114-132 B	73.7	72.2	0.713	3.665	84.255
9E03	DF 132-156 E	27.3	26.8	0.805	-2.264	96.592
9E04	DF 132-156 B	27.3	26.8	0.805	2.264	96.592
9E05	LAT 114-132 E	412.5	404.3	5.581	-7.267	85.117
9E06	LAT 114-132 B	412.5	404.3	5.581	7.267	85.117
9E07	LAT 132-156 E	401.3	393.3	5.470	-4.322	97.489
9E08	LAT 132-156 B	401.3	393.3	5.470	4.322	97.489
9E09	COFF 150-156 E	207.3	203.2	8.015	-2.863	105.796
9E10	COFF 150-156 B	207.3	203.2	8.015	2.863	105.796
9F01	PIQUE DE PROA	499.1	489.1	7.330	0.000	112.273

1

SISTEMA FORAN MODULO VOLUME VERSION 50 RESULTADOS PAG. 009
----- FECHA - 11.07.28
CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2



ESPACIOS CON CONTENIDO LIQUIDO

IDSP	DESCRIPCION DEL ESPACIO	MANGA MAXIMA	PUNTAL MAXIMO	MOMENTO ESCOR.30G.		INERCIA DEL VOL.	PORC. LLEN.
		M	M	IMO	MTON	NETO M4	%
9A01	LASTRE P.PP-12 E	10.230	9.200		35.1	802.0	98.0
9A02	LASTRE P.PP-12 B	10.230	9.200		35.1	802.0	98.0
9A03	AGUA DULCE SANITARIA	4.450	3.000		18.3	33.1	98.0
9A04	AGUA DULCE INDUSTRIAL	4.450	3.000		18.3	33.1	98.0
9A05	AGUA ALIMENTAC. CALDERAS	2.753	3.000		1.9	3.6	98.0
9A06	HIDROFORO AGUA FRIA	1.000	0.625		0.0	0.1	98.0
9A07	HIDROFORO AGUA CALIENTE	1.000	0.625		0.0	0.1	98.0
9A08	ACEITE DE BOCINA	1.000	2.000		0.0	0.1	98.0
9B01	ALMACEN ACEITE CAMISAS 1	3.350	6.000		1.4	3.8	98.0
9B02	ALMACEN ACEITE CAMISAS 2	3.350	6.421		1.3	3.8	98.0
9B03	SERVICIO DIARIO DO	4.200	5.133		1.4	7.4	98.0
9B04	SEDIMENTACION DO	4.000	5.656		1.2	6.2	98.0
9B05	SERVICIO DIARIO FO	3.200	6.749		2.6	12.2	98.0
9B06	REBOSOS FO	3.000	1.300		3.2	7.8	98.0
9B07	SERVICIO ACEITE MOTOR	3.600	0.500		6.7	40.6	98.0
9B08	EXPANSION	0.990	1.277		0.0	0.1	98.0
9B10	ACEITE SUCIO	1.600	1.300		0.3	0.5	98.0
9B11	LODOS	4.433	1.300		5.2	19.3	98.0
9B12	ALMACEN ACEITE MOTOR N1	2.380	3.000		0.4	0.9	98.0
9B13	ALMACEN ACEITE MOTOR N2	2.380	3.000		0.4	0.9	98.0
9B14	ALMACEN DO	3.210	2.800		4.6	9.6	98.0
9B15	SEDIMENTACION FO N1	4.750	2.800		9.4	18.1	98.0
9B16	SEDIMENTACION FO N2	4.750	2.800		9.4	18.0	98.0
9B17	SERVICIO ACEITE CAMISAS	1.000	1.500		0.0	0.1	98.0
9B18	AGUAS ACEITOSAS	1.467	1.300		0.6	1.2	98.0
9C01	DF 36-54 E	7.983	1.300		68.4	335.0	98.0
9C02	DF 36-54 B	7.983	1.300		68.4	335.0	98.0
9C03	DF 54-75 E	9.056	1.300		145.5	812.2	98.0
9C04	DF 54-75 B	9.056	1.300		145.5	812.2	98.0
9C05	LAT 36-54 E	6.496	7.900		57.3	3.5	98.0
9C06	LAT 36-54 B	6.496	7.900		57.3	3.5	98.0
9C07	LAT 54-75 E	3.998	7.900		17.7	4.1	98.0
9C08	LAT 54-75 B	3.998	7.900		17.7	4.1	98.0
9C09	COFF 72-75 E	9.000	10.900		66.4	127.6	98.0
9C10	COFF 72-75 B	9.000	10.900		66.4	127.6	98.0
9D01	DF 75-93 E	9.058	1.300		138.5	776.0	98.0
9D02	DF 75-93 B	9.058	1.300		138.5	776.0	98.0
9D03	DF 93-114 E	9.009	1.300		133.7	715.4	98.0
9D04	DF 93-114 B	9.009	1.300		133.7	715.4	98.0
9D05	LAT 75-93 E	1.500	7.900		2.0	3.5	98.0
9D06	LAT 75-93 B	1.500	7.900		2.0	3.5	98.0
9D07	LAT 93-114 E	3.998	7.900		25.6	4.1	98.0
9D08	LAT 93-114 B	3.998	7.900		25.6	4.1	98.0
9D09	COFF 111-114 E	9.000	10.900		66.3	127.6	98.0
9D10	COFF 111-114 B	9.000	10.900		66.3	127.6	98.0
9E01	DF 114-132 E	7.124	1.300		47.1	208.7	98.0
9E02	DF 114-132 B	7.124	1.300		47.1	208.7	98.0
9E03	DF 132-156 E	3.955	1.300		6.7	28.3	98.0
9E04	DF 132-156 B	3.955	1.300		6.7	28.3	98.0
9E05	LAT 114-132 E	6.496	9.934		60.3	8.2	98.0
9E06	LAT 114-132 B	6.496	9.934		60.3	8.2	98.0
9E07	LAT 132-156 E	10.145	7.900		139.1	98.8	98.0
9E08	LAT 132-156 B	10.145	7.900		139.1	98.8	98.0
9E09	COFF 150-156 E	9.000	10.900		54.6	218.6	98.0
9E10	COFF 150-156 B	9.000	10.900		54.6	218.6	98.0
9F01	PIQUE DE PROA	16.245	15.300		164.5	1231.4	98.0

1

SISTEMA FORAN MODULO VOLUME VERSION 50 RESULTADOS PAG. 011
FECHA - 11.07.28
CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

AGUA DE LASTRE CONTENIDO # 1 PESO ESPECIFICO = 1.025 T/M3

IDSP	DESCRIPCION DEL ESPACIO	PESO T	VOLUMEN		ALTURA TRANSV.		DISTANC.	
			NETO	C.DE G.	C.DE G.	C.DE G.	C.DE G.	P.POPA M
9A01	LASTRE P.PP-12 E	165.1	161.1	7.751	-3.322		3.260	



9A02 LASTRE P.PP-12 B	165.1	161.1	7.751	3.322	3.260
9C01 DF 36-54 E	91.3	89.1	0.705	-4.154	30.978
9C02 DF 36-54 B	91.3	89.1	0.705	4.154	30.978
9C03 DF 54-75 E	152.6	148.9	0.678	-5.263	44.316
9C04 DF 54-75 B	152.6	148.9	0.678	5.263	44.316
9C05 LAT 36-54 E	318.2	310.5	4.968	-7.976	30.048
9C06 LAT 36-54 B	318.2	310.5	4.968	7.976	30.048
9C07 LAT 54-75 E	249.3	243.2	4.465	-9.092	43.820
9C08 LAT 54-75 B	249.3	243.2	4.465	9.092	43.820
9D01 DF 75-93 E	140.2	136.8	0.668	-5.522	57.715
9D02 DF 75-93 B	140.2	136.8	0.668	5.522	57.715
9D03 DF 93-114 E	144.5	141.0	0.679	-5.072	70.980
9D04 DF 93-114 B	144.5	141.0	0.679	5.072	70.980
9D05 LAT 75-93 E	149.2	145.5	5.270	-9.746	57.718
9D06 LAT 75-93 B	149.2	145.5	5.270	9.746	57.718
9D07 LAT 93-114 E	318.2	310.5	4.362	-8.730	71.440
9D08 LAT 93-114 B	318.2	310.5	4.362	8.730	71.440
9E01 DF 114-132 E	74.0	72.2	0.713	-3.665	84.255
9E02 DF 114-132 B	74.0	72.2	0.713	3.665	84.255
9E03 DF 132-156 E	27.5	26.8	0.805	-2.264	96.592
9E04 DF 132-156 B	27.5	26.8	0.805	2.264	96.592
9E05 LAT 114-132 E	414.4	404.3	5.581	-7.267	85.117
9E06 LAT 114-132 B	414.4	404.3	5.581	7.267	85.117
9E07 LAT 132-156 E	403.1	393.3	5.470	-4.322	97.489
9E08 LAT 132-156 B	403.1	393.3	5.470	4.322	97.489
9E09 COFF 150-156 E	208.2	203.2	8.015	-2.863	105.796
9E10 COFF 150-156 B	208.2	203.2	8.015	2.863	105.796
9F01 PIQUE DE PROA	501.4	489.1	7.330	0.000	112.273
-----	-----	-----	-----	-----	-----
AGUA DE LASTRE	6213.2	6061.6	4.702	0.000	68.868
-----	-----	-----	-----	-----	-----

1

SISTEMA FORAN MODULO VOLUME VERSION 50 RESULTADOS PAG. 012
----- FECHA - 11.07.28
CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2
AGUA DE LASTRE CONTENIDO # 1 PESO ESPECIFICO = 1.025 T/M3
GRADO DE LLENADO = 98.0 %

IDSP	DESCRIPCION ESPACIO	PESO T	VOLUMEN NETO M3	ALTU. C.G. S/B M	TRANS. C.G. M	DISTAN. C.G. POPA M	AREA M2	INERC NET V M4
9A01	LASTRE P.PP-12 E	161.8	157.9	7.72	-3.29	3.29	107.9	802.0
9A02	LASTRE P.PP-12 B	161.8	157.9	7.72	3.29	3.29	107.9	802.0
9C01	DF 36-54 E	89.5	87.3	0.69	-4.14	30.98	83.5	335.0
9C02	DF 36-54 B	89.5	87.3	0.69	4.14	30.98	83.5	335.0
9C03	DF 54-75 E	149.5	145.9	0.67	-5.26	44.32	127.9	812.2
9C04	DF 54-75 B	149.5	145.9	0.67	5.26	44.32	127.9	812.2
9C05	LAT 36-54 E	311.9	304.3	4.89	-7.94	30.04	18.9	3.5
9C06	LAT 36-54 B	311.9	304.3	4.89	7.94	30.04	18.9	3.5
9C07	LAT 54-75 E	244.3	238.3	4.37	-9.08	43.82	22.0	4.1
9C08	LAT 54-75 B	244.3	238.3	4.37	9.08	43.82	22.0	4.1
9D01	DF 75-93 E	137.4	134.1	0.66	-5.52	57.71	113.9	776.0
9D02	DF 75-93 B	137.4	134.1	0.66	5.52	57.71	113.9	776.0
9D03	DF 93-114 E	141.6	138.2	0.67	-5.06	70.98	121.8	715.4
9D04	DF 93-114 B	141.6	138.2	0.67	5.06	70.98	121.8	715.4
9D05	LAT 75-93 E	146.2	142.6	5.19	-9.75	57.72	18.9	3.5
9D06	LAT 75-93 B	146.2	142.6	5.19	9.75	57.72	18.9	3.5
9D07	LAT 93-114 E	311.9	304.3	4.27	-8.71	71.44	22.1	4.1
9D08	LAT 93-114 B	311.9	304.3	4.27	8.71	71.44	22.1	4.1
9E01	DF 114-132 E	72.5	70.7	0.70	-3.66	84.25	69.9	208.7
9E02	DF 114-132 B	72.5	70.7	0.70	3.66	84.25	69.9	208.7
9E03	DF 132-156 E	26.9	26.3	0.80	-2.26	96.58	34.1	28.3
9E04	DF 132-156 B	26.9	26.3	0.80	2.26	96.58	34.1	28.3
9E05	LAT 114-132 E	406.1	396.2	5.47	-7.26	85.05	15.7	8.2
9E06	LAT 114-132 B	406.1	396.2	5.47	7.26	85.05	15.7	8.2
9E07	LAT 132-156 E	395.0	385.4	5.40	-4.27	97.48	44.1	98.8
9E08	LAT 132-156 B	395.0	385.4	5.40	4.27	97.48	44.1	98.8
9E09	COFF 150-156 E	204.1	199.1	7.93	-2.83	105.79	34.3	218.6
9E10	COFF 150-156 B	204.1	199.1	7.93	2.83	105.79	34.3	218.6
9F01	PIQUE DE PROA	491.3	479.3	7.22	0.00	112.24	95.8	1231.4
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----



AGUA DE LASTRE 6088.9 5940.4 4.63 0.00 68.86 1765.7 9268.6

1

SISTEMA FORAN MODULO VOLUME VERSION 50 RESULTADOS PAG. 013
FECHA - 11.07.28

CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

COMBUSTIBLE PESADO CONTENIDO # 3 PESO ESPECIFICO = 0.920 T/M3

IDSP	DESCRIPCION DEL ESPACIO	PESO T	VOLUMEN		ALTURA		TRANSV.		DISTANC.	
			NETO M3	C.DE G. S/B	C.DE G. M	C.DE G. M	C.DE G. M	C.DE G. M	C.DE G. M	C.DE G. M
9B05	SERVICIO DIARIO FO	47.9	52.0	7.078	-8.573	21.831				
9B06	REBOSES FO	11.1	12.0	0.701	-3.119	22.414				
9B15	SEDIMENTACION FO N1	24.3	26.5	10.800	-8.125	20.685				
9B16	SEDIMENTACION FO N2	24.2	26.3	10.800	-8.125	22.910				
9C09	COFF 72-75 E	185.7	201.9	6.750	-4.500	50.370				
9C10	COFF 72-75 B	185.7	201.9	6.750	4.500	50.370				
9D09	COFF 111-114 E	185.5	201.7	6.755	-4.496	77.670				
9D10	COFF 111-114 B	185.5	201.7	6.755	4.496	77.670				
COMBUSTIBLE PESADO		850.1	924.0	6.923	-0.987	58.684				

GRADO DE LLENADO = 98.0 %

IDSP	DESCRIPCION ESPACIO	PESO T	VOLUMEN		ALTU.		TRANS.		DISTAN.		INERC NET V M4
			NETO M3	C.G. S/B	C.G. M	C.G. M	C.G. M	C.G. M	C.G. M	C.G. M	
9B05	SERVICIO DIARIO FO	46.9	51.0	7.03	-8.57	21.83	14.2				12.2
9B06	REBOSES FO	10.8	11.8	0.69	-3.12	22.41	10.4				7.8
9B15	SEDIMENTACION FO N1	23.9	25.9	10.77	-8.12	20.68	9.6				18.1
9B16	SEDIMENTACION FO N2	23.7	25.8	10.77	-8.12	22.91	9.6				18.0
9C09	COFF 72-75 E	182.0	197.9	6.64	-4.50	50.37	18.9				127.6
9C10	COFF 72-75 B	182.0	197.9	6.64	4.50	50.37	18.9				127.6
9D09	COFF 111-114 E	181.8	197.6	6.65	-4.50	77.67	18.9				127.6
9D10	COFF 111-114 B	181.8	197.6	6.65	4.50	77.67	18.9				127.6
COMBUSTIBLE PESADO		833.1	905.5	6.82	-0.99	58.68	119.5				566.5

1

SISTEMA FORAN MODULO VOLUME VERSION 50 RESULTADOS PAG. 014
FECHA - 11.07.28

CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

COMBUSTIBLE LIGERO CONTENIDO # 4 PESO ESPECIFICO = 0.850 T/M3

IDSP	DESCRIPCION DEL ESPACIO	PESO T	VOLUMEN		ALTURA		TRANSV.		DISTANC.	
			NETO M3	C.DE G. S/B	C.DE G. M	C.DE G. M	C.DE G. M	C.DE G. M	C.DE G. M	C.DE G. M
9B03	SERVICIO DIARIO DO	11.4	13.4	7.397	-7.889	17.083				
9B04	SEDIMENTACION DO	11.9	14.0	7.188	-8.019	18.659				
9B14	ALMACEN DO	26.2	30.8	10.800	-8.895	17.520				
COMBUSTIBLE LIGERO		49.5	58.2	9.149	-8.453	17.692				

GRADO DE LLENADO = 98.0 %

IDSP	DESCRIPCION ESPACIO	PESO T	VOLUMEN		ALTU.		TRANS.		DISTAN.		INERC NET V M4
			NETO M3	C.G. S/B	C.G. M	C.G. M	C.G. M	C.G. M	C.G. M	C.G. M	
9B03	SERVICIO DIARIO DO	11.2	13.1	7.36	-7.88	17.08	5.0				7.4
9B04	SEDIMENTACION DO	11.6	13.7	7.15	-8.01	18.66	4.6				6.2



9B14 ALMACEN DO	25.7	30.2	10.77	-8.89	17.52	11.2	9.6
COMBUSTIBLE LIGERO	48.5	57.0	9.12	-8.45	17.69	20.9	23.2

1

SISTEMA FORAN MODULO VOLUME VERSION 50 RESULTADOS PAG. 015
FECHA - 11.07.28
CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

ACEITE LUBRICANTE CONTENIDO # 5 PESO ESPECIFICO = 0.900 T/M3

IDSP	DESCRIPCION DEL ESPACIO	PESO T	VOLUMEN NETO M3	ALTURA C.DE G. S/B M	TRANSV. C.DE G. M	DISTANC. C.DE G. M	P.POPA M
9A08	ACEITE DE BOCINA	1.8	2.0	8.200	0.000	6.820	
9B01	ALMACEN ACEITE CAMISAS 1	17.1	19.0	9.743	-8.690	13.474	
9B02	ALMACEN ACEITE CAMISAS 2	17.9	19.9	9.617	-8.683	14.874	
9B07	SERVICIO ACEITE MOTOR	16.6	18.4	1.050	0.080	18.045	
9B10	ACEITE SUCIO	2.8	3.1	0.686	2.653	19.736	
9B12	ALMACEN ACEITE MOTOR N1	4.9	5.4	10.712	-9.299	7.810	
9B13	ALMACEN ACEITE MOTOR N2	4.9	5.4	10.708	-9.303	8.810	
9B17	SERVICIO ACEITE CAMISAS	1.3	1.5	9.950	-4.520	15.030	
	ACEITE LUBRICANTE	67.2	74.7	7.294	-5.835	14.340	

GRADO DE LLENADO = 98.0 %

IDSP	DESCRIPCION ESPACIO	PESO T	VOLUMEN NETO M3	ALTU. C.G. S/B M	TRANS. C.G. M	DISTAN. C.G. POPA M	AREA M2	INERC NET V M4
9A08	ACEITE DE BOCINA	1.7	1.9	8.18	0.00	6.82	1.0	0.1
9B01	ALMACEN ACEITE CAMIS	16.7	18.6	9.69	-8.69	13.47	4.0	3.8
9B02	ALMACEN ACEITE CAMIS	17.6	19.5	9.56	-8.68	14.87	4.0	3.8
9B07	SERVICIO ACEITE MOTO	16.3	18.1	1.04	0.08	18.05	37.6	40.6
9B10	ACEITE SUCIO	2.7	3.0	0.67	2.65	19.74	2.6	0.5
9B12	ALMACEN ACEITE MOTOR	4.8	5.3	10.68	-9.30	7.81	1.9	0.9
9B13	ALMACEN ACEITE MOTOR	4.8	5.3	10.68	-9.30	8.81	1.9	0.9
9B17	SERVICIO ACEITE CAMI	1.3	1.4	9.93	-4.52	15.03	1.0	0.1
	ACEITE LUBRICANTE	65.8	73.2	7.26	-5.83	14.34	53.9	50.6

1

SISTEMA FORAN MODULO VOLUME VERSION 50 RESULTADOS PAG. 016
FECHA - 11.07.28
CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

AGUA DULCE CONTENIDO # 6 PESO ESPECIFICO = 1.000 T/M3

IDSP	DESCRIPCION DEL ESPACIO	PESO T	VOLUMEN NETO M3	ALTURA C.DE G. S/B M	TRANSV. C.DE G. M	DISTANC. C.DE G. M	P.POPA M
9A03	AGUA DULCE SANITARIA	58.1	58.1	10.719	-8.243	5.073	
9A04	AGUA DULCE INDUSTRIAL	58.1	58.1	10.719	8.243	5.073	
9A05	AGUA ALIMENTAC. CALDERAS	15.8	15.8	10.773	9.051	1.774	
9A06	HIDROFORO AGUA FRIA	0.6	0.6	9.512	-4.849	1.380	
9A07	HIDROFORO AGUA CALIENTE	0.6	0.6	9.512	-5.550	3.309	
9B08	EXPANSION	1.0	1.0	0.771	1.336	10.260	
	AGUA DULCE	134.2	134.2	10.640	1.027	4.698	

GRADO DE LLENADO = 98.0 %

VOLUMEN ALTU. TRANS. DISTAN. INERC



IDSP	DESCRIPCION ESPACIO	PESO T	NETO M3	C.G. S/B M	C.G. M	C.G. POPA M	AREA M2	NET V M4
9A03	AGUA DULCE SANITARIA	56.9	56.9	10.69	-8.24	5.07	20.1	33.1
9A04	AGUA DULCE INDUSTRIA	56.9	56.9	10.69	8.24	5.07	20.1	33.1
9A05	AGUA ALIMENTAC. CALD	15.5	15.5	10.74	9.05	1.77	5.7	3.6
9A06	HIDROFORO AGUA FRIA	0.6	0.6	9.51	-4.85	1.38	1.0	0.1
9A07	HIDROFORO AGUA CALIE	0.6	0.6	9.51	-5.55	3.31	1.0	0.1
9B08	EXPANSION	1.0	1.0	0.76	1.33	10.26	1.0	0.1
AGUA DULCE		131.5	131.5	10.61	1.03	4.70	48.9	70.1

1

SISTEMA FORAN MODULO VOLUME VERSION 50 RESULTADOS PAG. 017
FECHA - 11.07.28
CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

AGUA DE CALDERAS CONTENIDO # 7 PESO ESPECIFICO = 1.000 T/M3

IDSP	DESCRIPCION DEL ESPACIO	PESO T	VOLUMEN NETO M3	ALTURA C.DE G. S/B M	TRANSV. C.DE G. M	DISTANC. C.DE G. M P.POPA M
9B11	LODOS	14.9	14.9	0.762	3.512	22.152
9B18	AGUAS ACEITOSAS	8.2	8.2	0.655	0.000	9.534
AGUA DE CALDERAS		23.0	23.0	0.724	2.267	17.680

GRADO DE LLENADO = 98.0 %

IDSP	DESCRIPCION ESPACIO	PESO T	VOLUMEN NETO M3	ALTU. C.G. S/B M	TRANS. C.G. M	DISTAN. C.G. POPA M	AREA M2	INERC NET V M4
9B11	LODOS	14.6	14.6	0.75	3.50	22.16	16.5	19.3
9B18	AGUAS ACEITOSAS	8.0	8.0	0.64	0.00	9.53	6.5	1.2
AGUA DE CALDERAS		22.6	22.6	0.71	2.26	17.68	23.0	20.5

1

SISTEMA FORAN MODULO VOLUME VERSION 50 RESULTADOS PAG. 018
FECHA - 11.07.28
CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2



P R O C E S O C O M P L E T A D O

HORA - 16.40.23
=====

FORMAS DEFINIDAS CON EL MODULO FORMT

F. DATOS : F. RESULTADOS:okespac.lis F. DIBUJO :



ANEXO II

HABILITACION



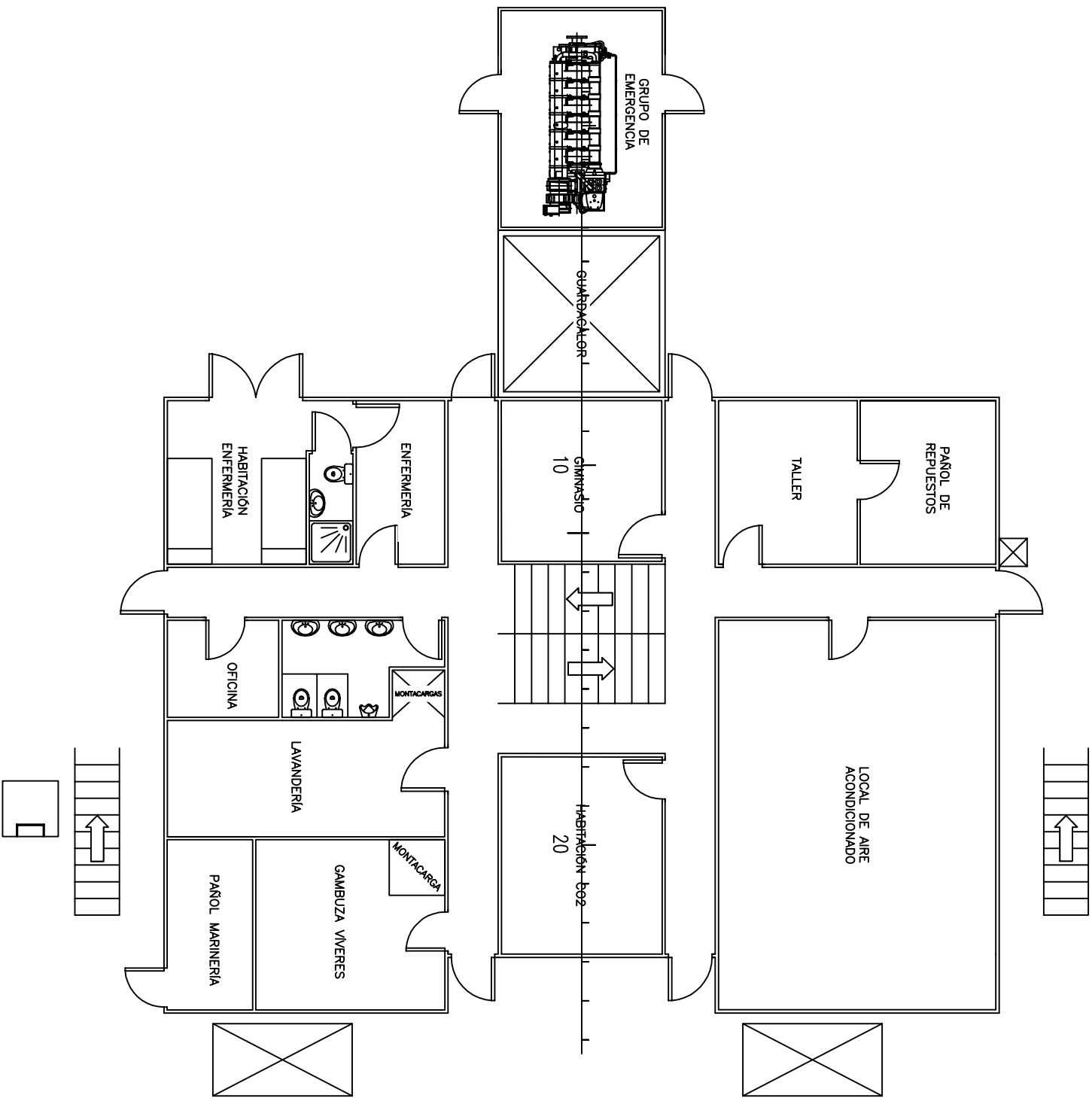
ANEXO III

DISPOSICION GENERAL

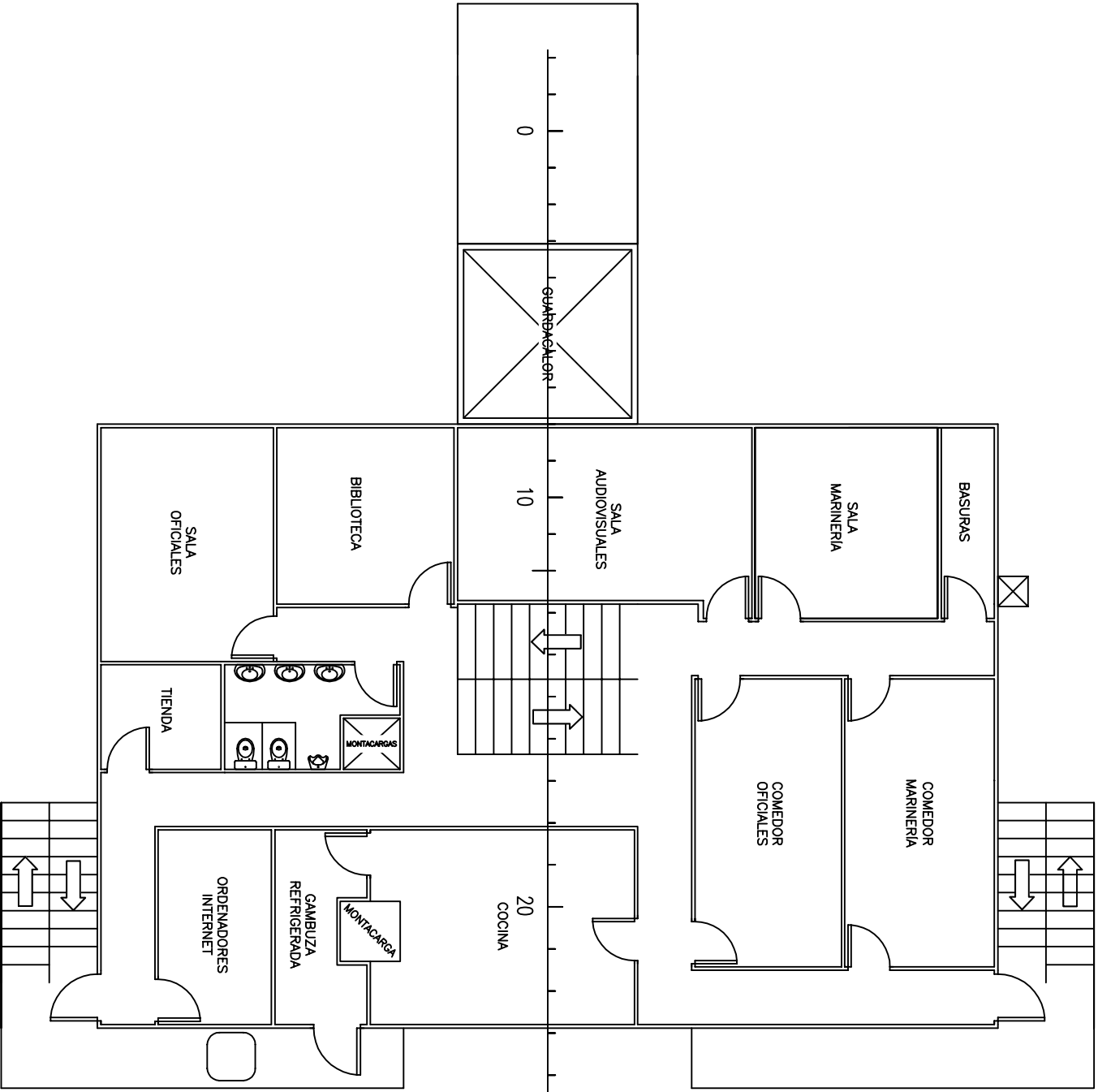


ANEXO IV

LINEA DE VISION

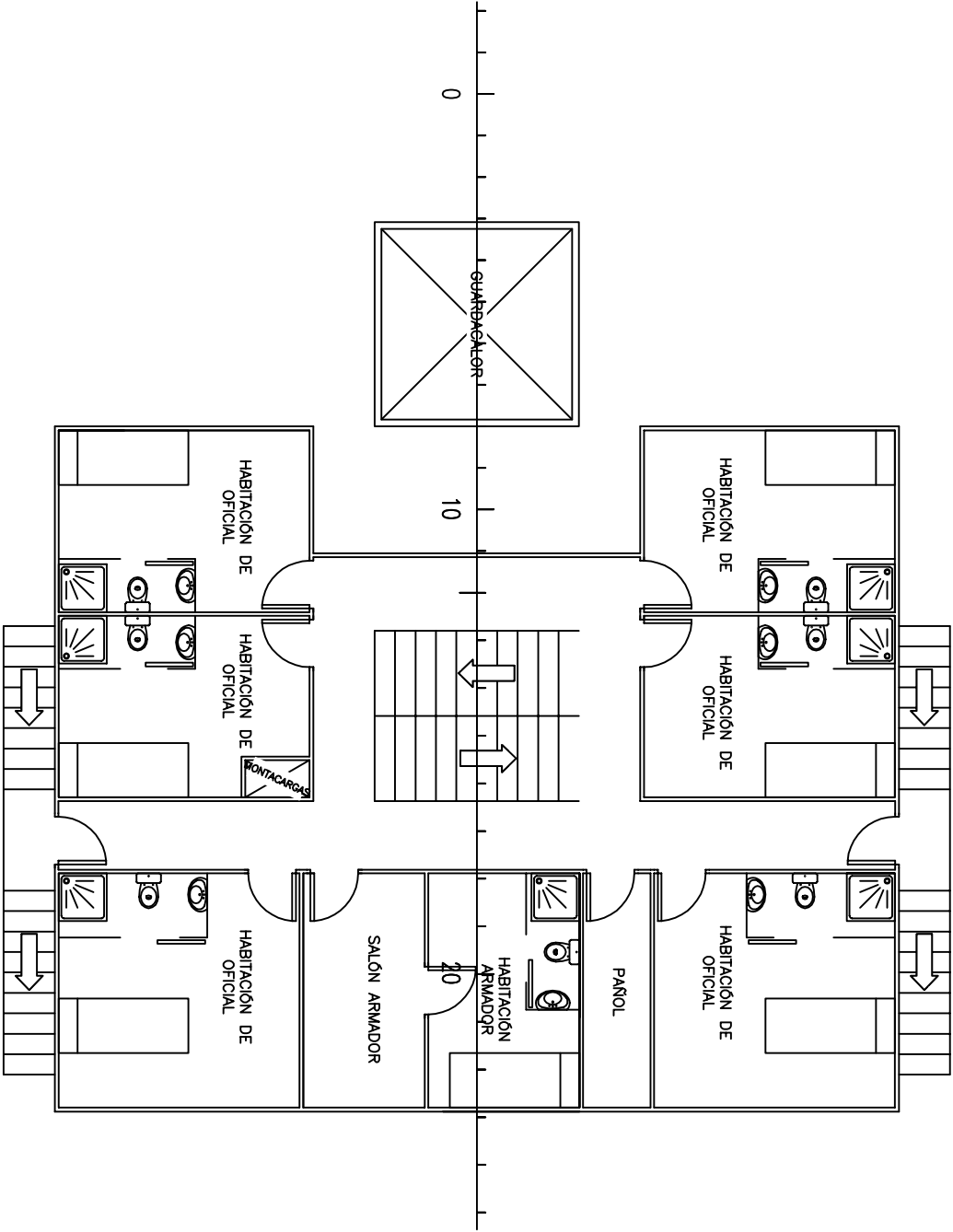
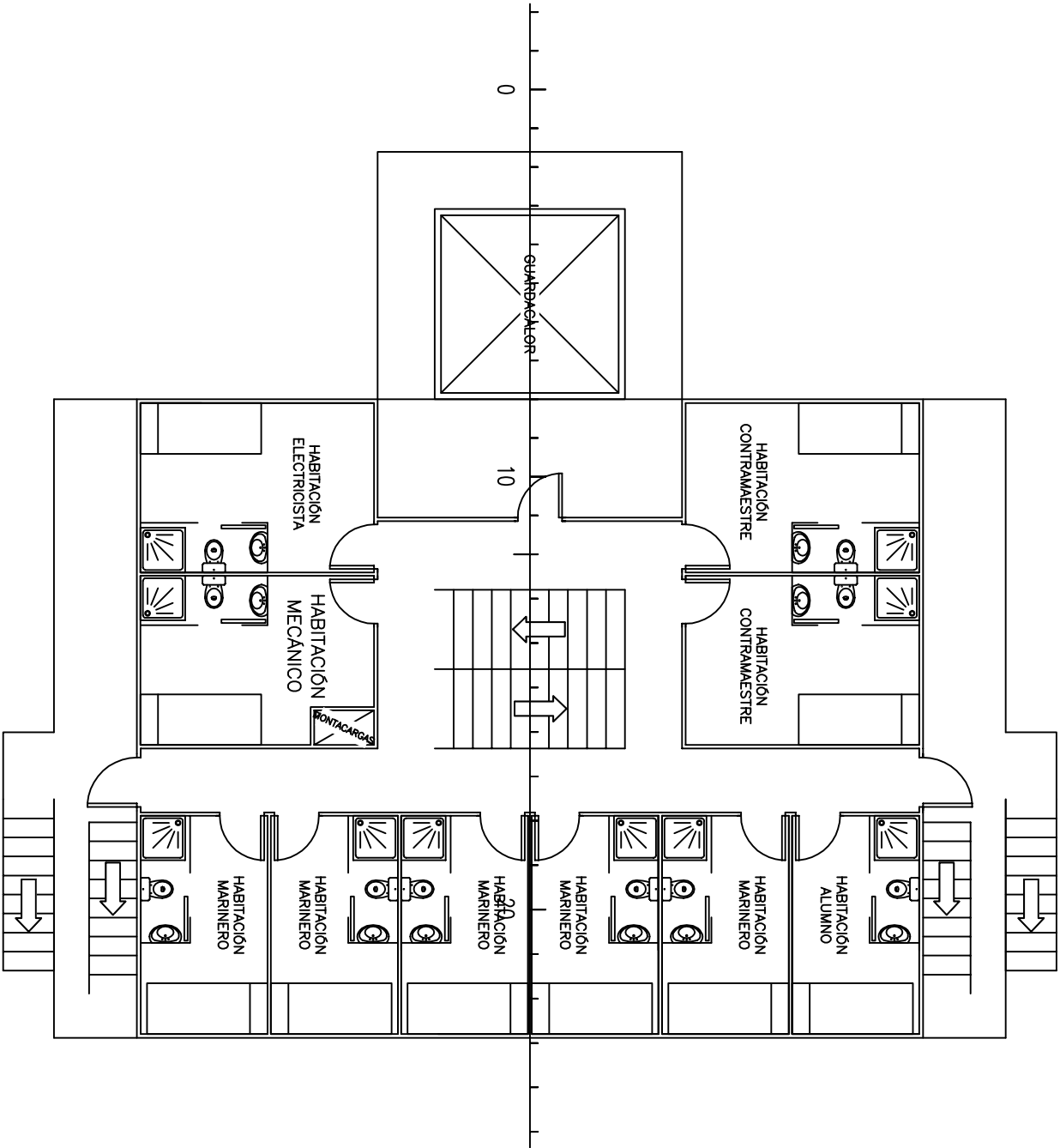


CUBIERTA
PRINCIPAL






CUBIERTA
TOLDILLA

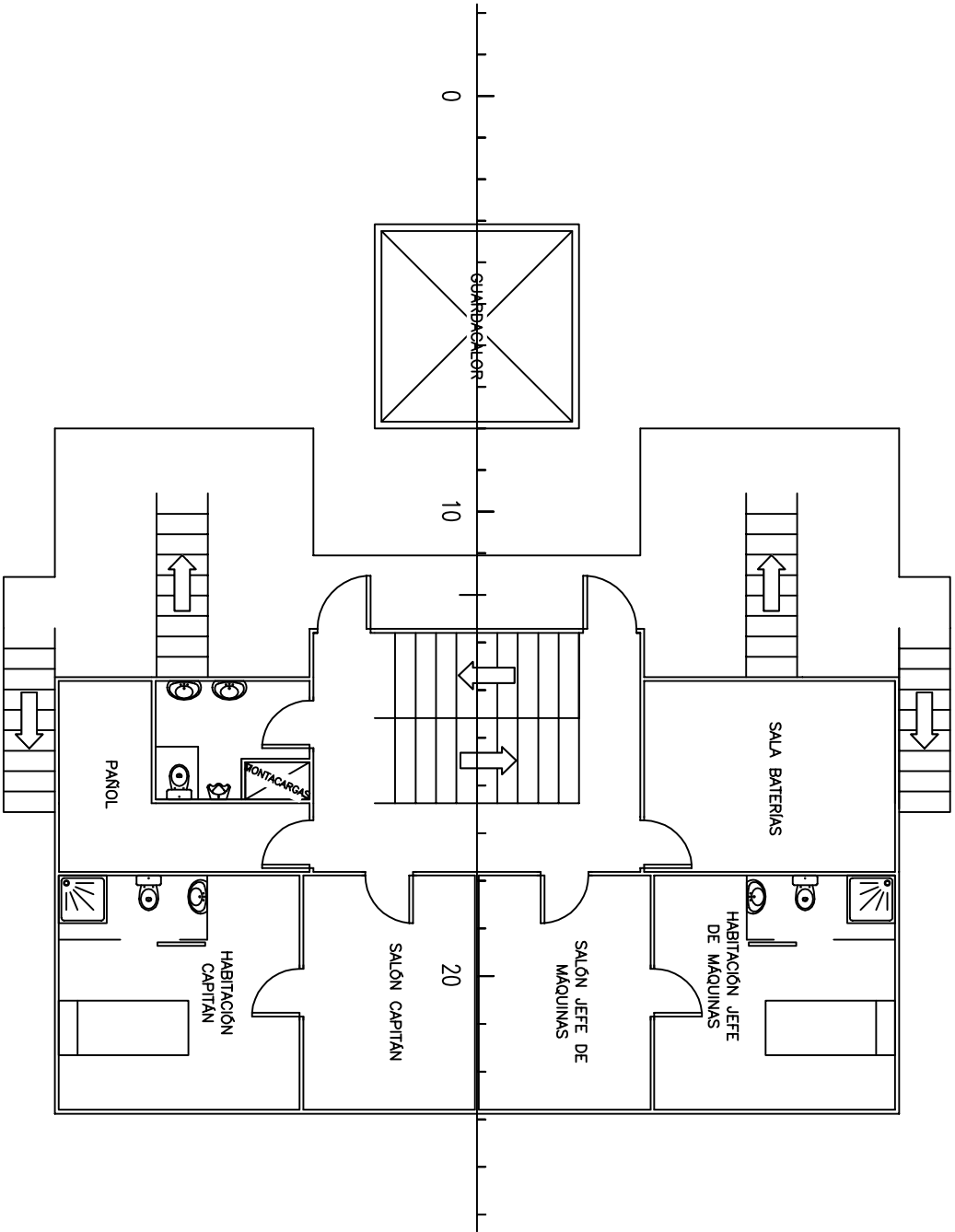
TITULO		PROYECTO 1624	
PORTACONTENEDORES 650 TEU's		PROYECTO FIN DE CARRERA	
AUTORES DEL PROYECTO		JESUS MARIA RODRIGUEZ SANZ CARLOS SANCHEZ COBO	
ESCALA ORIGINAL A3		FECHA	
Numérica		JULIO 2011	
1:100		TITULO DEL PLANO	
		HABILITACIÓN	
Nº DE PLANO		Hoja 1 de 4	
3.2.1			



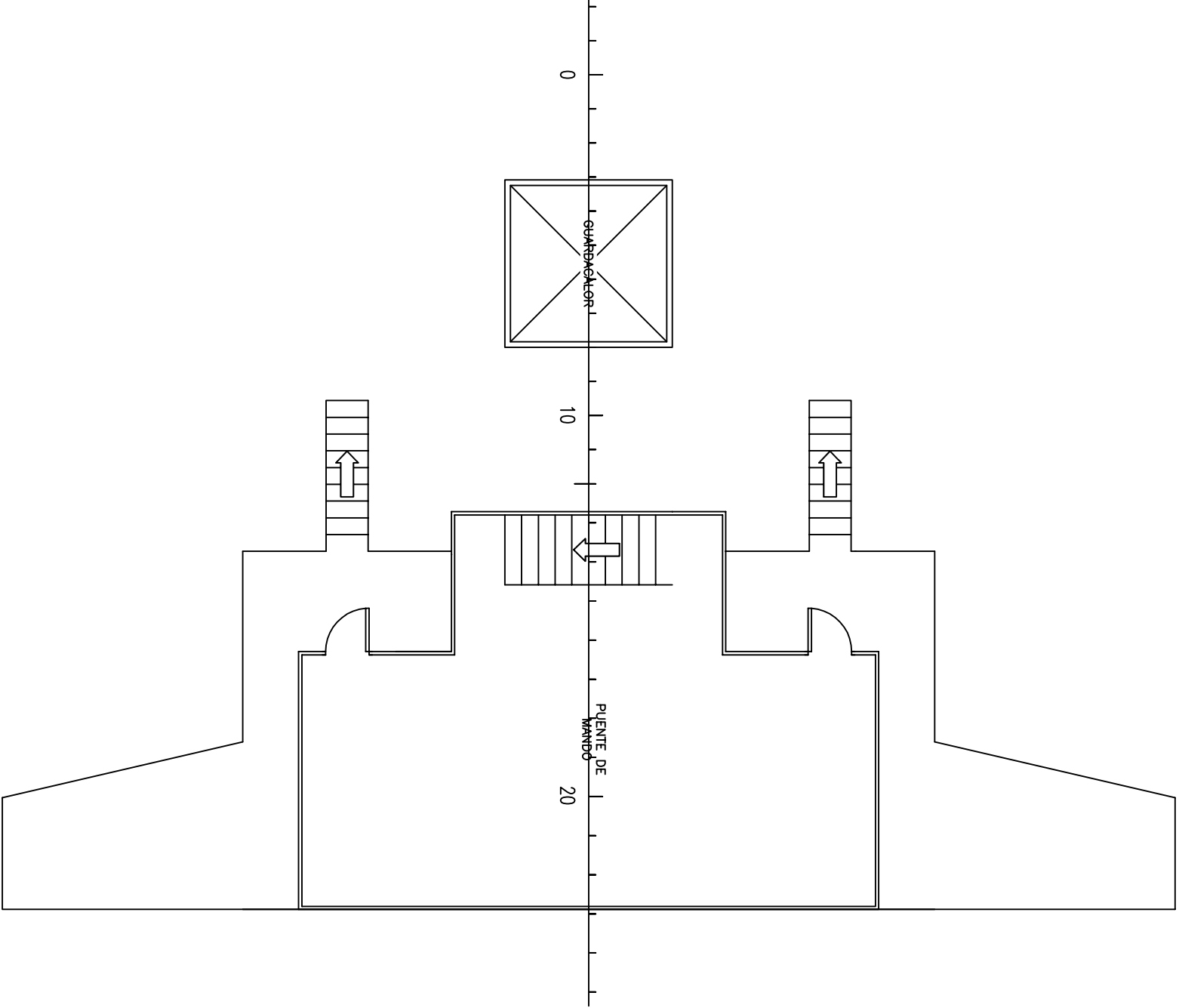
CUBIERTA
MARINERÍA

CUBIERTA
OFICIALES 1



	TÍTULO		PROYECTO FIN DE CARRERA		AUTORES DEL PROYECTO
PROYECTO 1624		PROYECTO FIN DE CARRERA		JESÚS MARÍA RODRÍGUEZ SANZ CARLOS SÁNCHEZ COBO	
PORTACONTENEDORES 650 TEU's		HABILITACIÓN		Nº DE PLANO	
ESCALA ORIGINAL A3		FECHA		3.2.1	
Numérica		JULIO 2011		Hoja 2 de 4	
1:100					
					



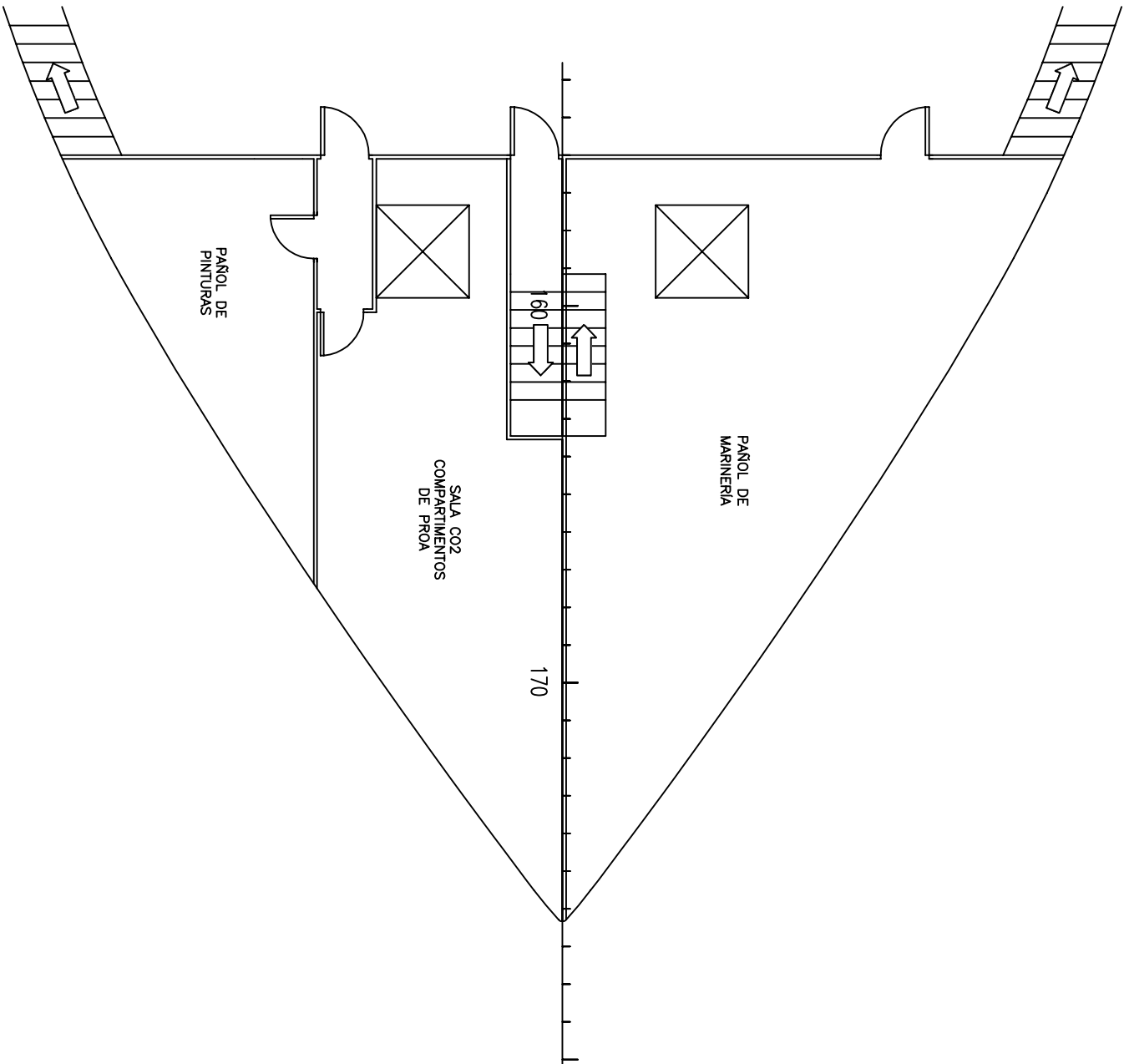
CUBIERTA
OFICIALES 2






PUENTE DE
MANDO

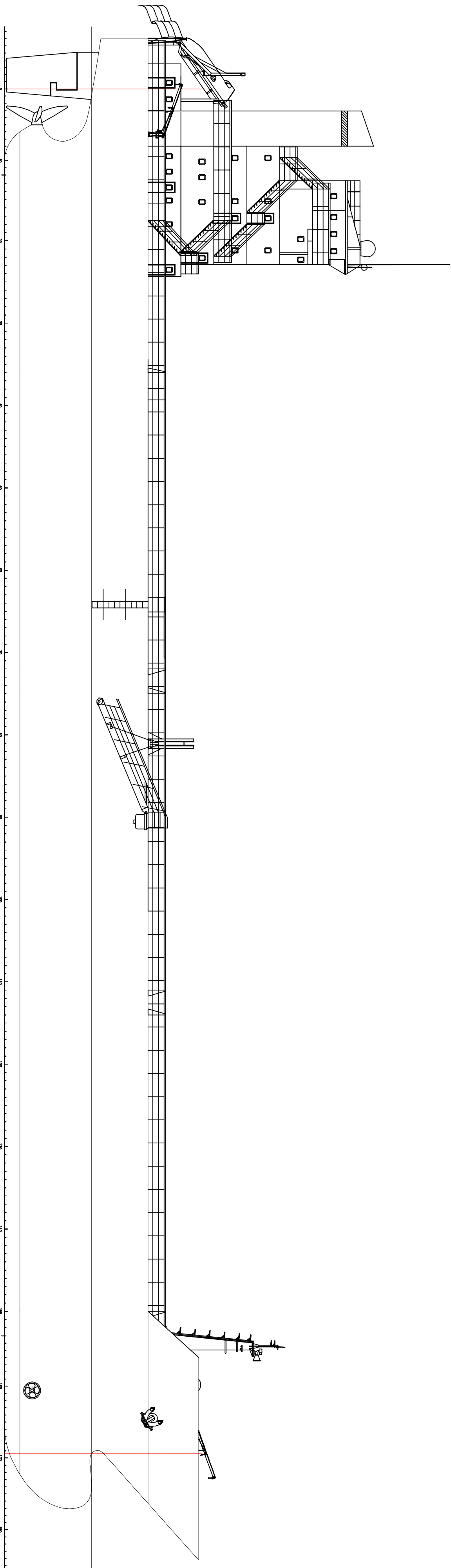
		TITULO		PROYECTO 1624 PORTACONTENEDORES 650 TEU's		PROYECTO FIN DE CARRERA		AUTORES DEL PROYECTO JESUS MARIA RODRIGUEZ SANZ CARLOS SANCHEZ COBO	
ESCALA ORIGINAL A3		FECHA		TITULO DEL PLANO		HABILITACION		N° DE PLANO	
Numérica		Gráfica		JULIO 2011				3.2.1	
1:100								Hoja 3 de 4	



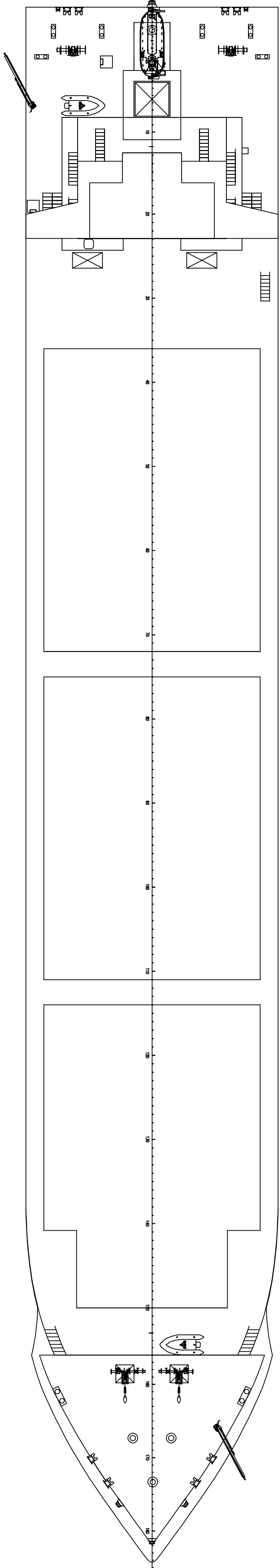


CASTILLO DE PROA

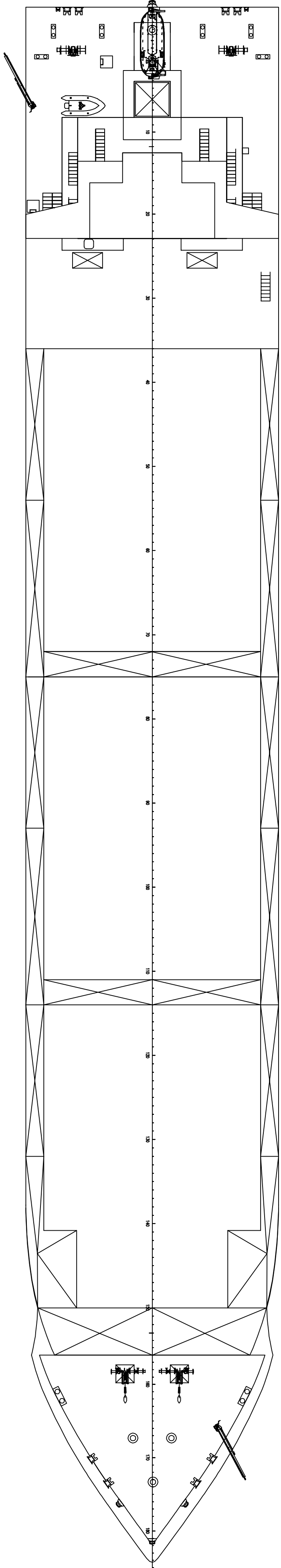
		TÍTULO		PROYECTO FIN DE CARRERA		AUTORES DEL PROYECTO	
PROYECTO 1624		PORTACONTENEDORES 650 TEU's				JESÚS MARÍA RODRÍGUEZ SANZ CARLOS SÁNCHEZ COBO	
ESCALA ORIGINAL A3		FECHA		TÍTULO DEL PLANO		Nº DE PLANO	
Numérica		Gráfica		HABILITACIÓN		3.2.1	
1:100		JULIO 2011				Hoja 4 de 4	
							



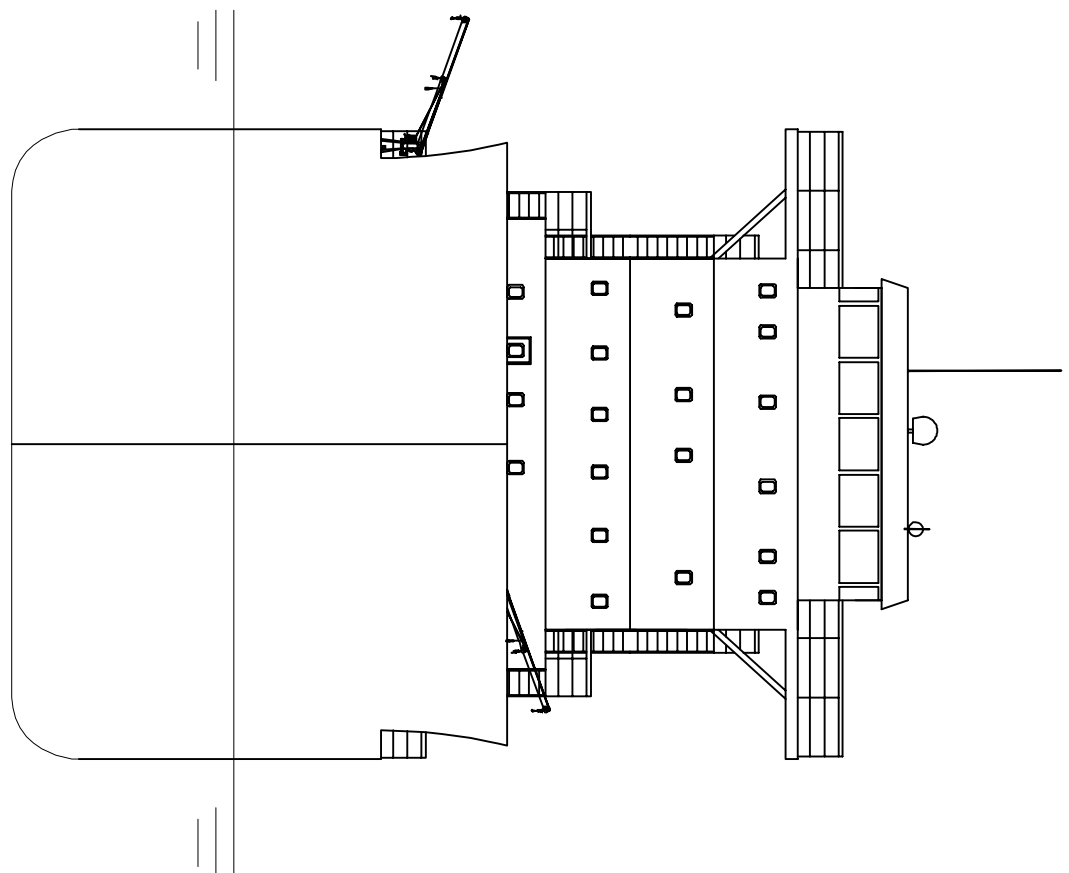
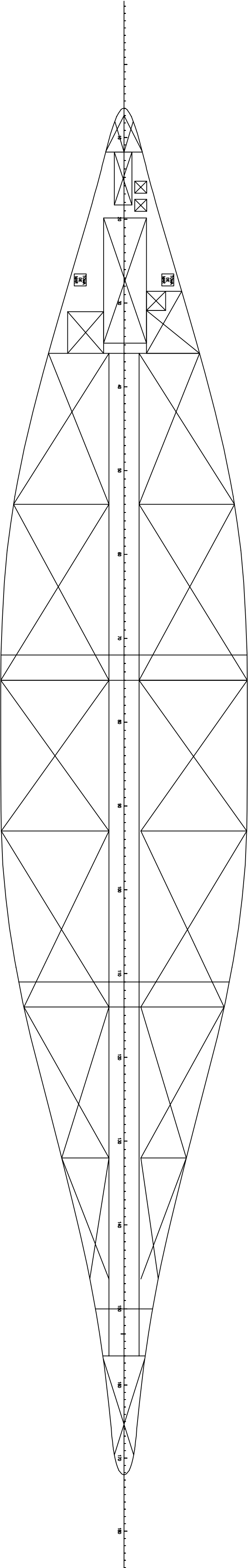
VISTA GENERAL



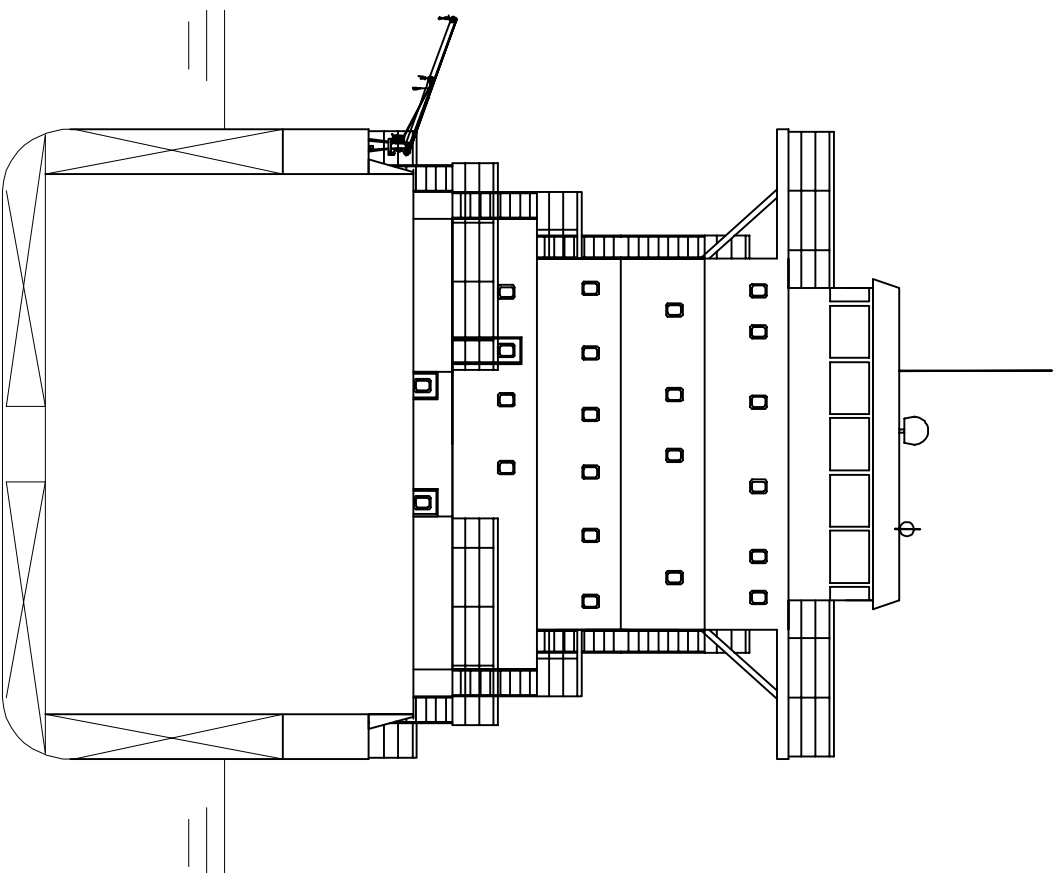
CUBIERTA PRINCIPAL



TANQUES DE LASTRE DE BOTEERAS



VISTA GENERAL

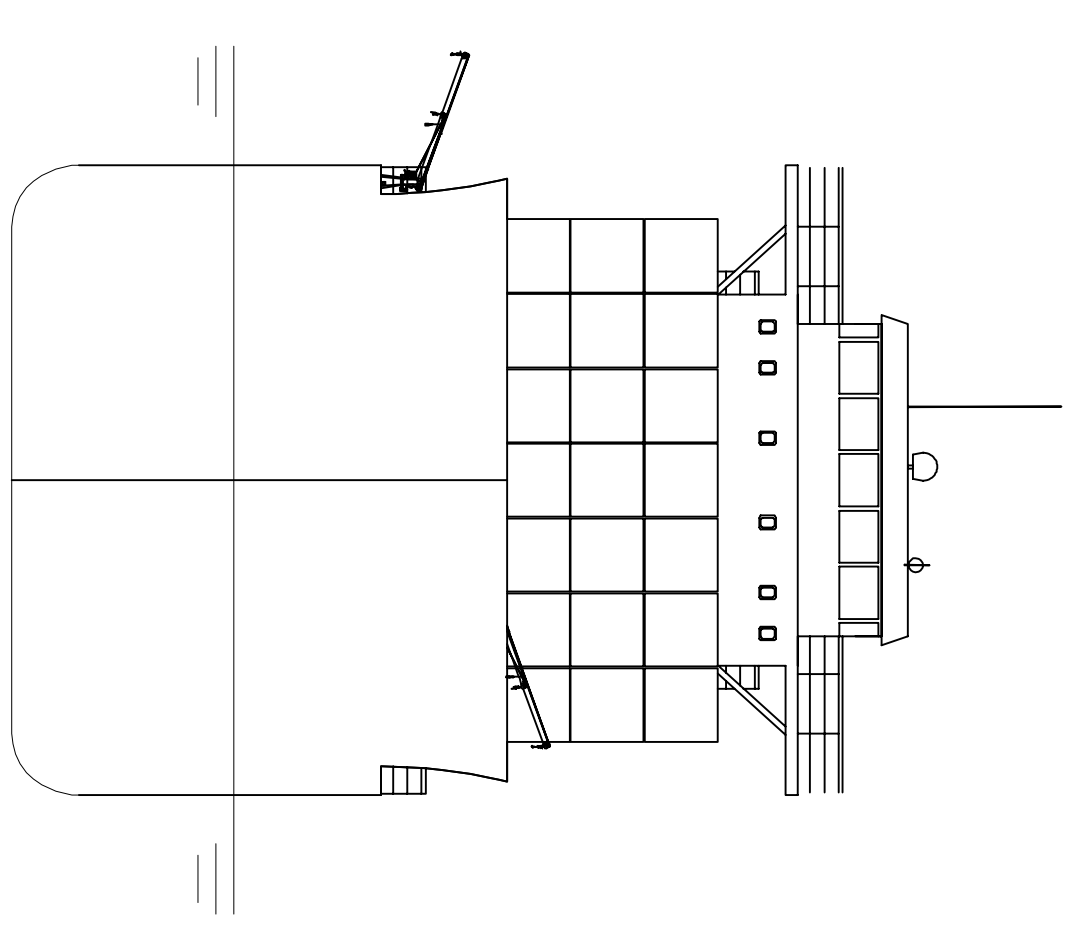
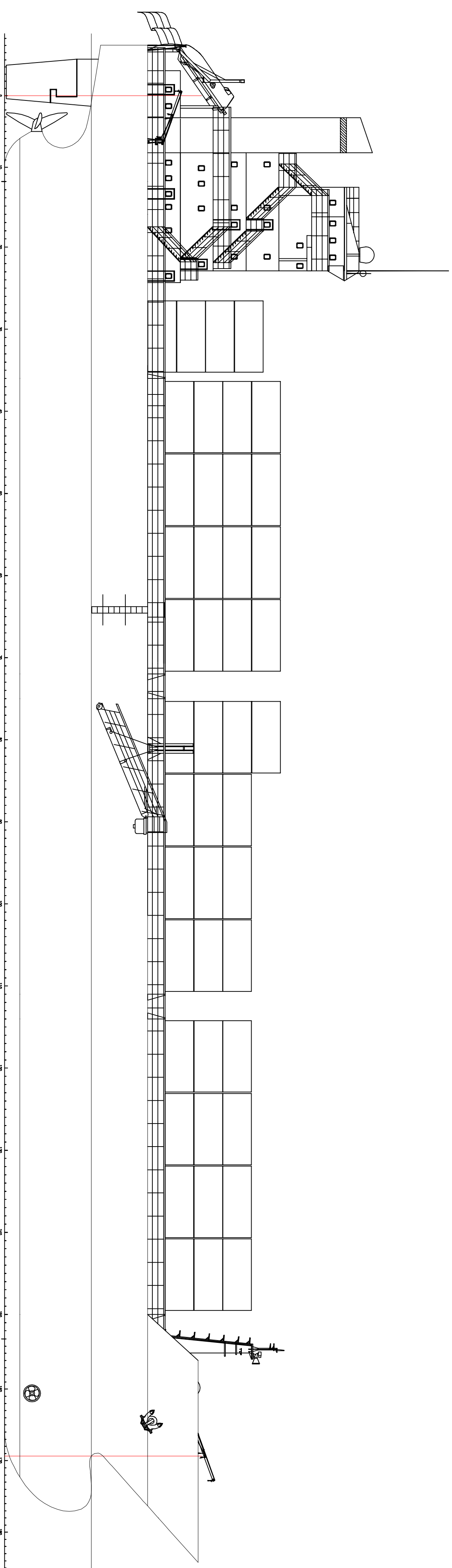


CUADERNA MAESTRA

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES	
ESLORA TOTAL	148,76 m
ESLORA LINEA DESPLAZANTE	116,60 m
ANCHO DE TRUQUEO	21,00 m
PUNTO A LA CUBIERTA PRINCIPAL	12,28 m
ANCHO DE CUBIERTA PRINCIPAL	24,42 m
CALADO DE DESPLAZAMIENTO	7,42 m
COCIENTE DE BUCARTE	0,688
CONTEINERES EN BODEGA	337
CONTEINERES EN CUBIERTA	313

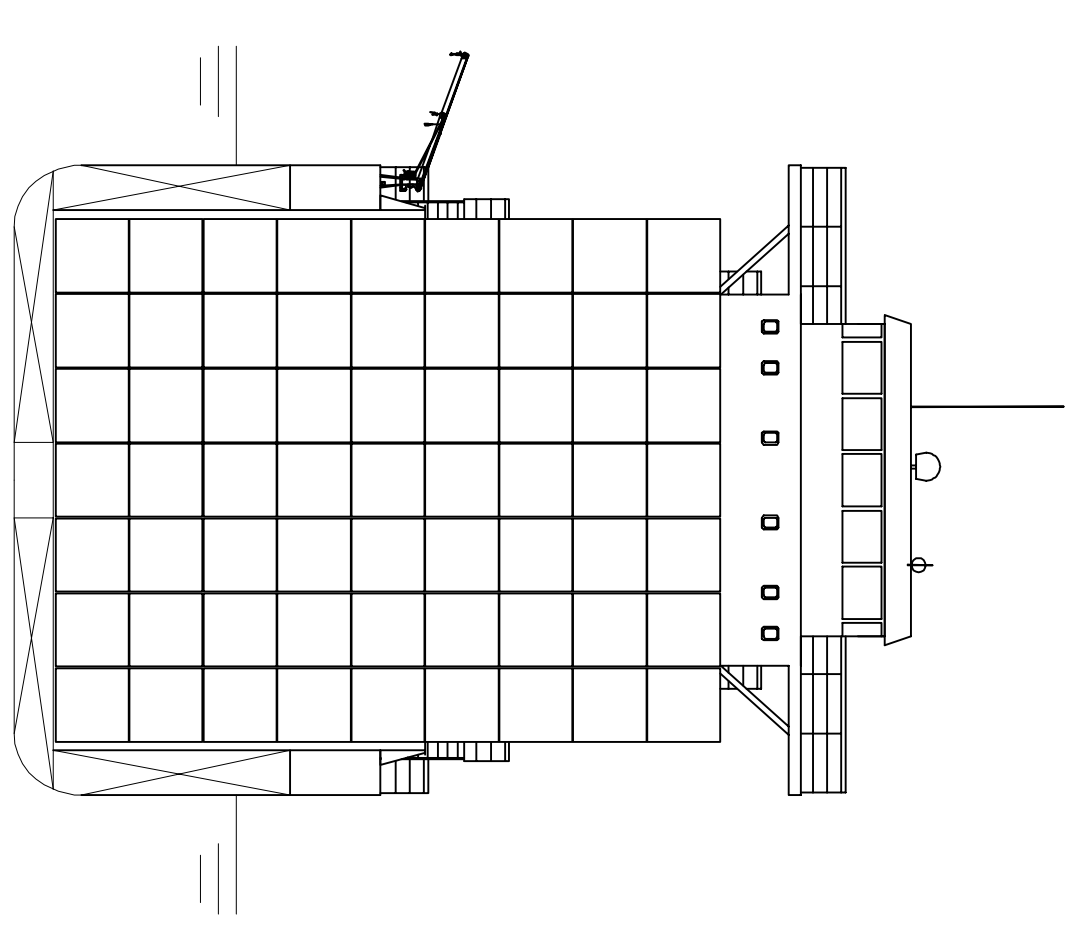
TÍTULO		PROYECTO FM DE CUBIERTA		AUTORES DEL PROYECTO	
PROYECTO 1024		PORTADONDEADORES 160 TE/A		DISEÑO MECÁNICO	
ESCALA GENERAL: 1:200		ESCALA: 1:200		FECHA: 10/01/2023	
AUTOR: J. L. GARCÍA		REVISOR: J. L. GARCÍA		Nº DE PLANO: 1.1.1	
FECHA: 10/01/2023		FECHA: 10/01/2023		Hojas: 1 de 3	

DOBLE FONDO



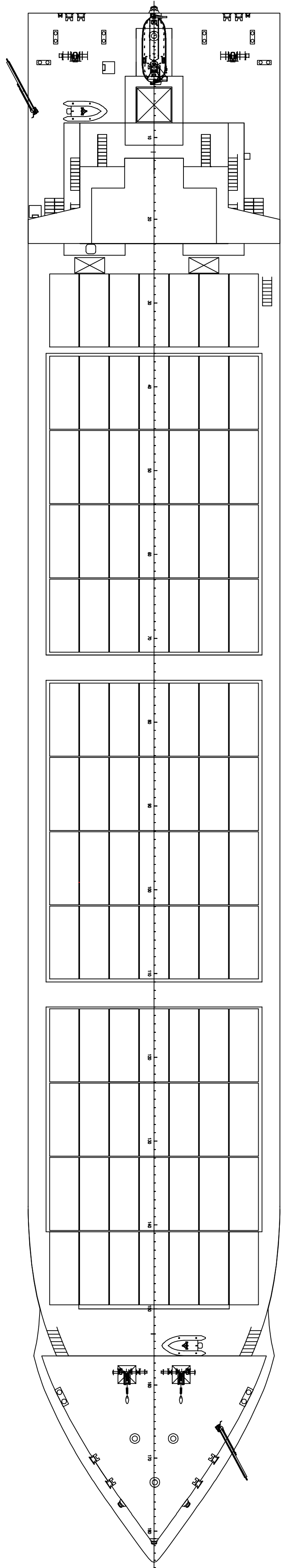
VISTA GENERAL

VISTA GENERAL



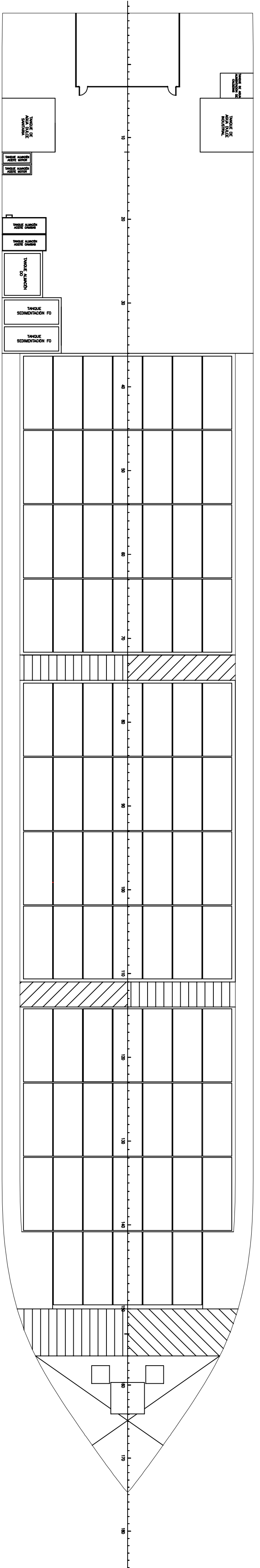
CRUJIA

CUADERNA MAESTRA

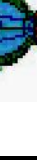




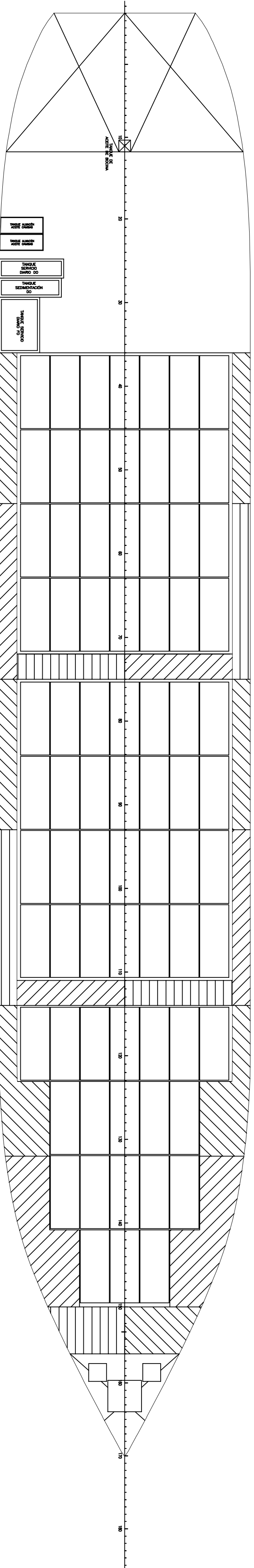
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES	
ESCALA TOTAL	120,76 m
ESCALA ENTRE PERPENDICULARES	116,60 m
MANA DE TRAZADO	21,00 m
PUNTAL A LA CUBIERTA PRINCIPAL	12,20 m
CALADO DE PROYECTO	7,40 m
CALADO DE EJECUTIVADO	7,42 m
COCIENTE DE BLOQUE	0,669
CONTADORES EN BOGUA	337
CONTADORES EN CUBIERTA	313

CUBIERTA PRINCIPAL

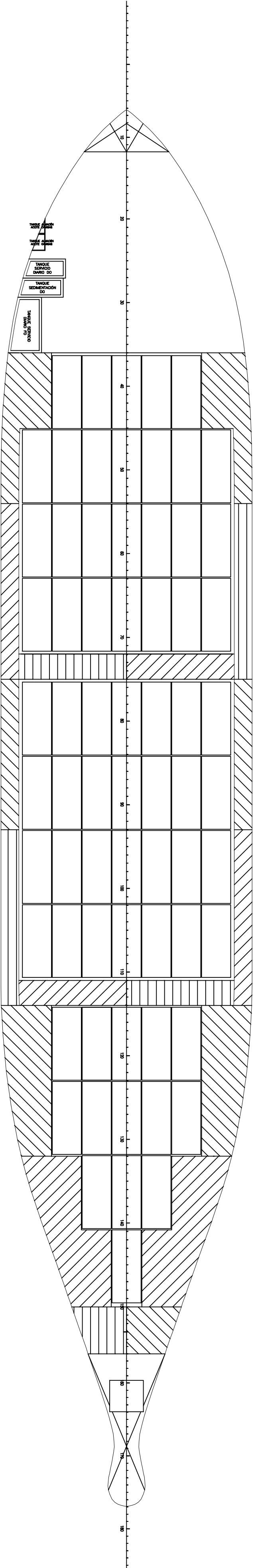


CORTE A 11,23 m DE LA LÍNEA DE BASE

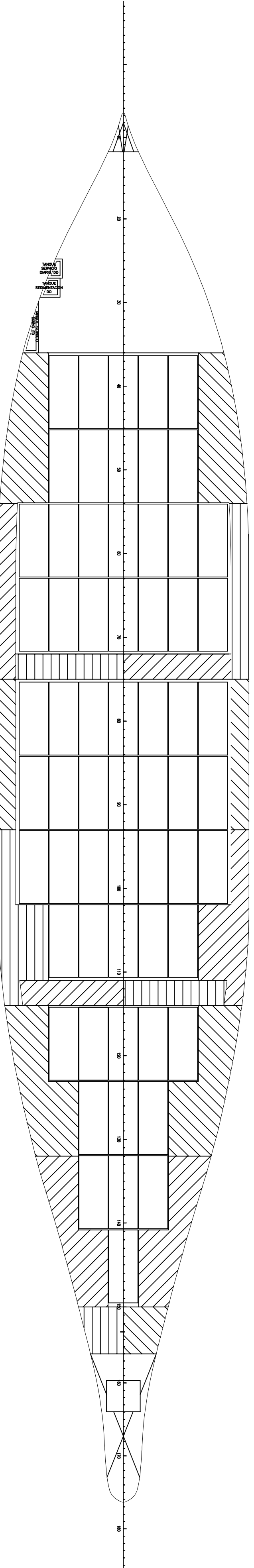
	TÍTULO PROYECTO 1424 PORTUARIOS DEL BOSQUE	PROYECTO Nº DE CATEGORÍA 424	AUTORES DEL PROYECTO DR. JOSÉ MANUEL JARA DR. JUAN CARLOS VILLALBA
			Nº DE PLANO 3.11 Hoja 2 de 2
	DESIGNACIÓN DEL PROYECTO 1250 	TÍTULO DEL PLANO OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN	Nº DE PLANO 3.11 Hoja 2 de 2



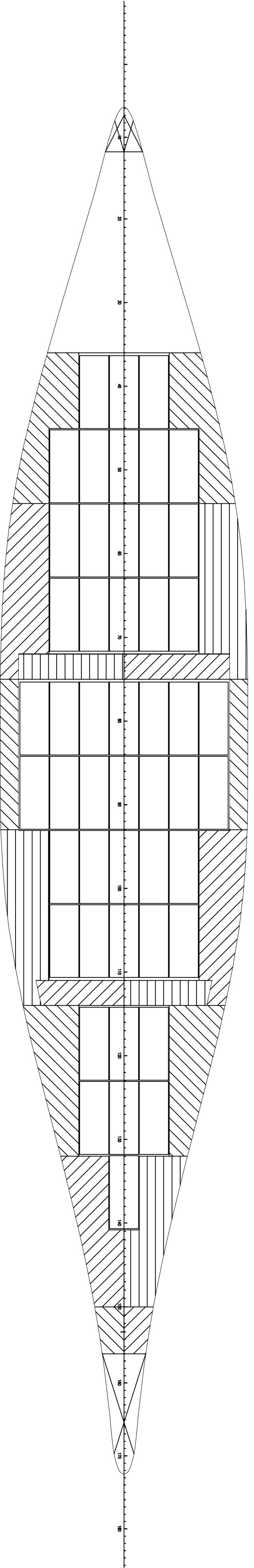
CORTE A 8,77 m DE LA LINEA DE BASE



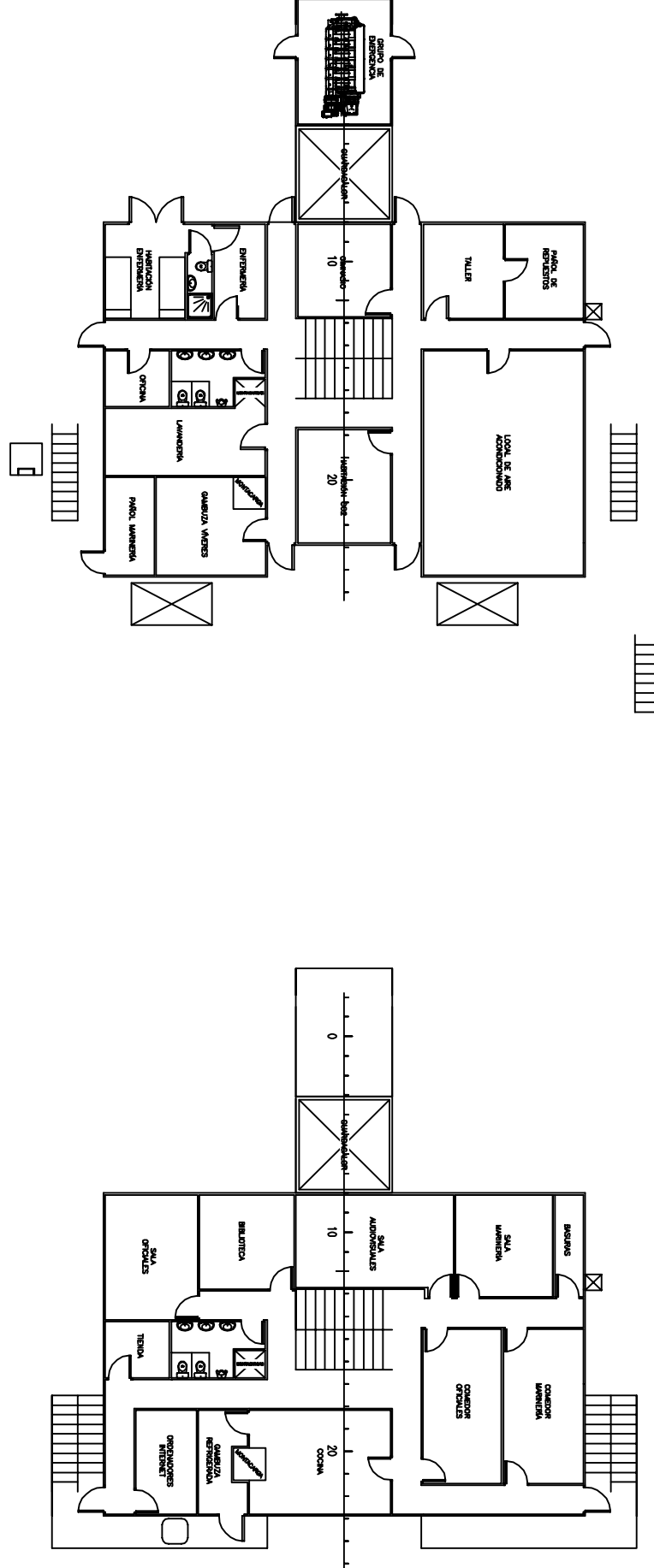
CORTE A 6,31 m DE LA LINEA DE BASE



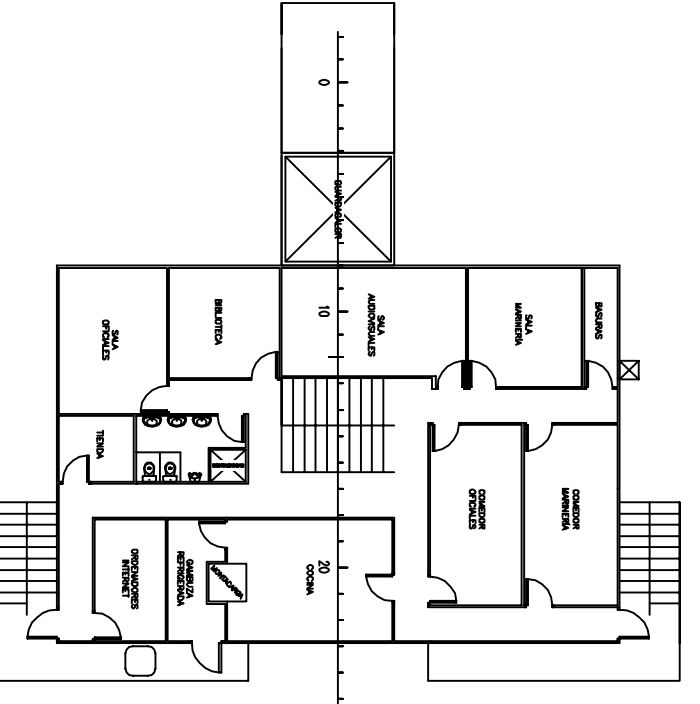
CORTE A 3,84 m DE LA LINEA DE BASE



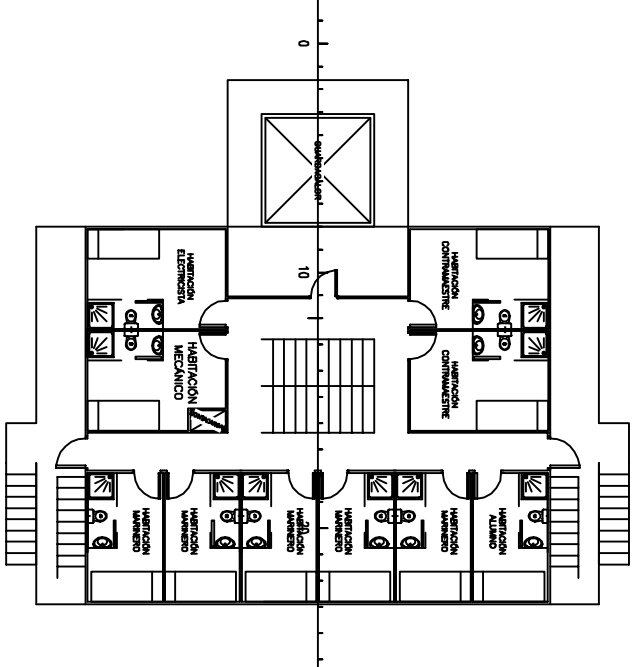
DOBLE FONDO. CORTE A 1,3 m DE LA LINEA BASE



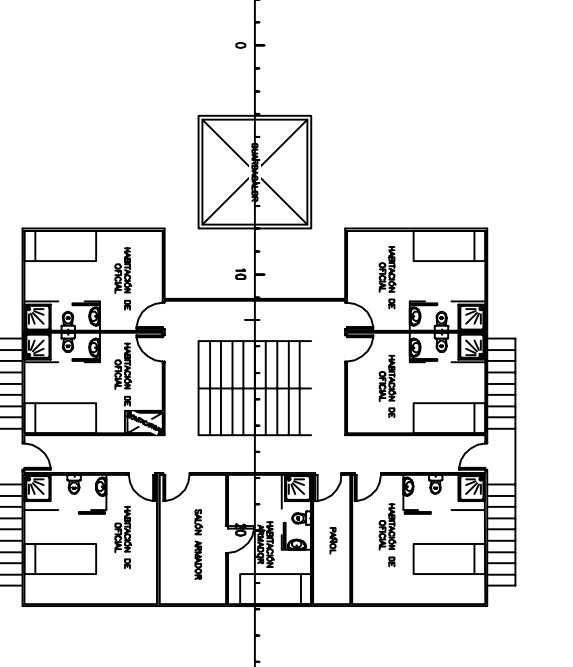
CUBIERTA PRINCIPAL



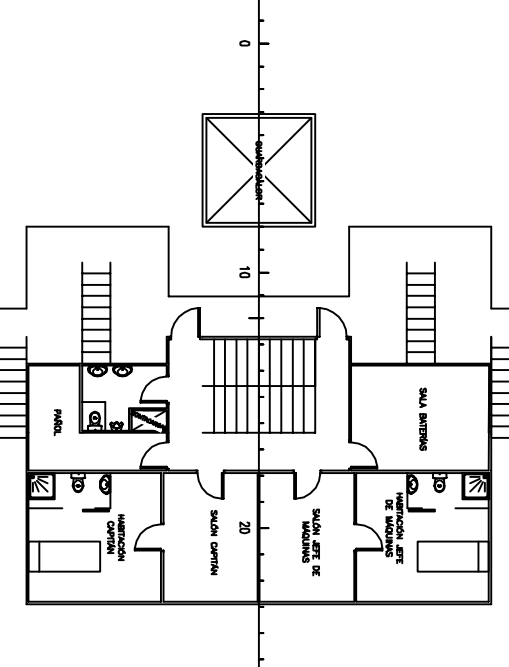
CUBIERTA TODILLA



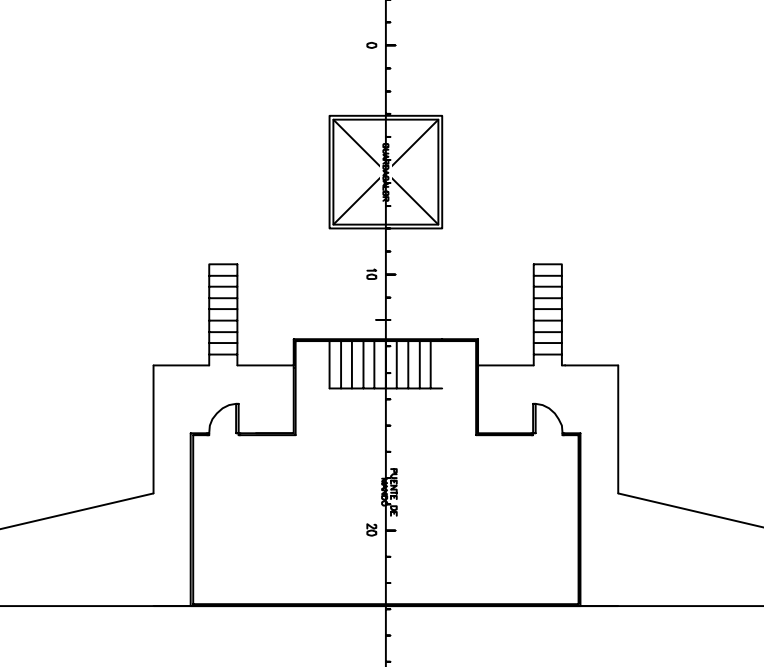
CUBIERTA MARINERA



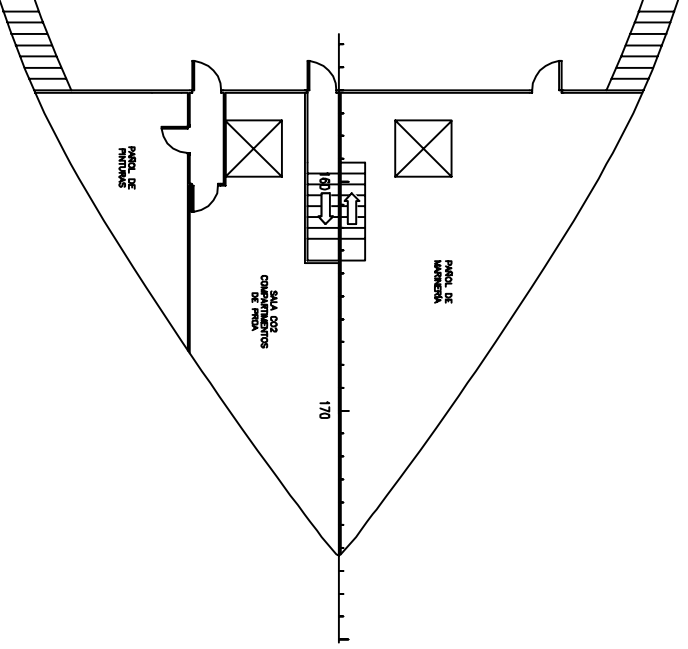
CUBIERTA OFICIALES 1



CUBIERTA OFICIALES 2





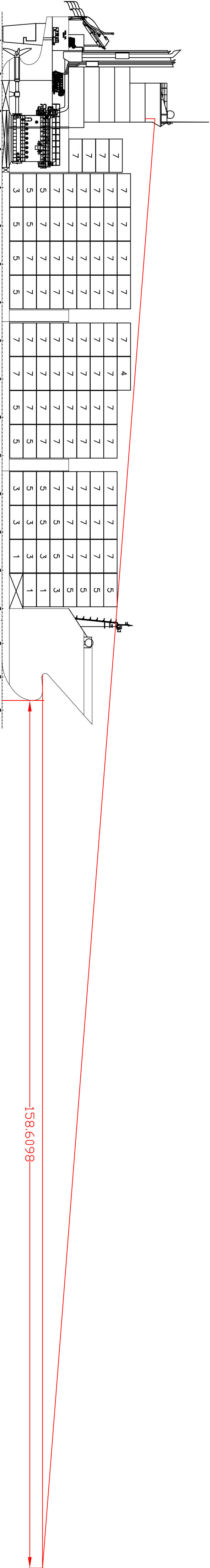
PUENTE DE MANIO



CASTILLO DE PROA

DISPOSICION GENERAL SUPERESTRUCTURA Y CASTILLO DE PROA
F 1/700

	TITULO		PROYECTO FM DE CARRERA		AUTORES DEL PROYECTO ARQ. MIGUEL ANGEL LÓPEZ GARCÍA 2001
	PROYECTO 1024 PORTACONTENEDORES 160 TEU		CONSTRUCCION/RECONSTRUCCION		
	FECHA ORIGINAL: 10/1/2001	FECHA ACTUAL:	FECHA DEL PLANO		Nº DE PLANO
	1/200				160p 3 de 3



**INDICE:**

1	INTRODUCCIÓN.....	3
2	CURVAS DE BONJEAN.....	3
3	CURVAS HIDROSTÁTICAS.....	4
4	PUNTO DE INUNDACION PROGRESIVA.....	5
5	CURVAS ISOCLINAS.	6
6	CAPACIDADES Y CENTRO DE GRAVEDAD DE ESPACIOS.....	7
7	CALCULO DEL FRANCOBORDO.	7
7.1	DATOS DE PARTIDA:.....	8
7.2	FRANCOBORDO TABULAR.	11
7.3	CORRECCIONES AL FRANCOBORDO TABULAR.	11
7.4	FRANCOBORDO GEOMÉTRICO.	16
7.5	FRANCOBORDO DE ESCANTILLONADO Y CORRECCIÓN POR ESTABILIDAD.	16
7.6	FRANCOBORDO DE VERANO.	18
7.7	FRANCOBORDO Y CALADO TROPICAL.....	18
7.8	FRANCOBORDO Y CALADO DE INVIERNO.....	18
7.9	FRANCOBORDO Y CALADO PARA EL ATLÁNTICO NORTE EN INVIERNO.	19
7.10	FRANCOBORDO PARA AGUA DULCE.	19
7.11	ALTURA MÍNIMA DE PROA.....	20
8	CALCULO DEL ARQUEO.	21
8.1	ARQUEO BRUTO GT	21
8.2	ARQUEO NETO NT	22
9	ANEXOS	23



Proyecto 1624

PORTACONTENEDORES 650 TEU'S

Cuaderno 4: **CALCULOS DE ARQUITECTURA NAVAL**



1 INTRODUCCIÓN.

En este cuadernillo, una vez obtenidas las formas definitivas del buque, se abordarán los aspectos de arquitectura naval.

Dentro de estos aspectos tenemos las características hidrostáticas del buque para un rango de calados, las curvas isoclinas, las curvas de Bonjean, el punto de inundación progresiva, el cálculo del francobordo y el arqueo del buque.

El francobordo se determinará conforme al reglamento del Convenio Internacional sobre Líneas de Carga, vigente desde 1966, con las correspondientes enmiendas aprobadas en 1971, 1975 y 1979. el mencionado Reglamento es de aplicación al buque en proyecto, dado que no cumple ninguna de las excepciones del mismo.

En cuanto al cálculo del arqueo del buque, se determinará mediante el Convenio Internacional sobre Arqueo de Buques.

Estos cálculos se realizarán usando el programa de arquitectura naval Foran en su versión v50R2.0, mediante el módulo HYDROS y cuyos resultados se adjuntan a este cuadernillo.

2 CURVAS DE BONJEAN.

En este apartado se calcularán para una red de calados, las áreas bajo la flotación de las distintas secciones transversales que definen las formas del casco exterior del buque.

Para ello hemos seleccionado una serie de secciones y unos rangos que varían entre el calado para el peso en rosca del buque (2.90m), hasta pasado el desplazamiento máximo del mismo, a intervalos de 0,5 metros; incluyendo, además, el calado de proyecto.

Los resultados de este apartado, así como las gráficas correspondientes se recogen en el anexo I.



3 CURVAS HIDROSTÁTICAS.

En este apartado se mostrará la salida de las hidrostáticas del buque. Se ha calculado para varios calados con trimado cero, incluyendo el de diseño. Calcularemos una serie de características geométricas de la carena limitada por una red de flotaciones paralelas entre sí, y perpendiculares al plano de crujía.

Se considerarán únicamente flotaciones planas.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

- TA: calado a popa en metros
- TF: calado a proa en metros
- DISFA: desplazamiento del buque con apéndices en toneladas
- DISV: volumen de carena sin apéndices en m^3
- XCBA: L.C.B. con apéndices en metros
- XCB: L.C.B. sin apéndices en metros
- CP: coeficiente prismático total
- CB: coeficiente de bloque total
- AX: área de sección máxima en m^2
- CX: coeficiente de sección máxima
- AW: área de línea de agua en m^2
- CW: coeficiente de línea de agua
- XCF: L.C. de G. de la flotación en metros
- KB: C. de G. sobre la línea base en metros
- ZBM: radio metacéntrico transversal en metros
- ZBML: radio metacéntrico longitudinal en metros
- MTC: momento para inclinar un centímetro en toneladas
- S: área de superficie mojada en m^2
- TCI: toneladas por centímetro de inmersión en Tons./cm.



Vemos que para el calado de proyecto, $T = 7,4$ m., tenemos los coeficientes y características hidrostáticas que se obtuvieron cuando elegimos las formas tal y como esperábamos. También vemos que no hay incongruencias entre los datos obtenidos en el cuadernillo uno y las curvas hidrostáticas, ya que los datos son muy similares a los del predimensionamiento.

Comparando los valores obtenidos en el cuadernillo uno con las curvas hidrostáticas con trimado nulo, para un calado de $T = 7,4$ m, obtenemos:

CONCEPTO	BUSCADO	FORMAS	DIFERENCIA	MARGEN ADMISIBLE
Desplazamiento	12671	12736	0,51%	+ 2 %
Altura metacéntrica, KM	9,104	9,163	0,64%	+ 2 %
Centro de carena, Xcc	57,837	57,525	-0,54%	± 2 %
Coefficiente de bloque, Cb	0,698	0,689	-1,25%	± 2 %
Coefficiente de la flotación, Cf	0,825	0,829	0,50%	± 2,5 %
Coefficiente de la maestra, Cm	0,978	0,987	0,95%	± 2 %

Los resultados de este apartado, así como las gráficas correspondientes se recogen en el anexo II.

4 PUNTO DE INUNDACION PROGRESIVA.

El punto de inundación progresiva se define como el primer punto de la estructura del buque, por el cual en una posible situación de flotación, pueda penetrar agua en la estructura dejando ésta de contribuir a la estabilidad del buque.

En principio, este punto ha de proyectarse por encima de 40° de escora y preferiblemente de 50° , pues el menor de éstos y el punto de inundación progresiva, son límites de cálculo de criterios de la reglamentación de estabilidad intacta y del criterio meteorológico respectivamente, de manera que situando el punto por encima de 40° y 50° , mejoraremos la previsión de cumplir los criterios de estabilidad en las distintas condiciones de caga. Sin embargo, hay que destacar que el que el punto de inundación progresiva sea mayor que estos límites, no es un fin, y puede ser innecesario para cumplir los criterios de estabilidad.



En nuestro caso, debido a que las escotillas van a llevar una brazola, el punto está situado en una puerta en el costado de la superestructura, sobre la cubierta principal, a una distancia de 8,37 m. de la perpendicular de popa, con una semimanga de 7,5 m y un puntal de 15,07 metros. Esta abertura se ha definido en el módulo Hydros de Foran, para los posteriores cálculos de estabilidad.

Hay que destacar, que al considerar éste el punto de inundación progresiva, las aberturas que existan por debajo de ésta deberán ser estancas. El punto de inundación progresiva será, por tanto, estanco a la intemperie y no al agua, es decir, podrá soportar sin filtrar agua una situación de inmersión transitoria como puede ser un golpe de mar, pero no una situación de inmersión permanente.

5 CURVAS ISOCLINAS.

En este apartado vamos a calcular las propiedades geométricas de la carena en una serie de flotaciones inclinadas con respecto al plano de crujía, es decir escoradas. Las curvas isoclinas, o curvas KN, representan, para cada ángulo de escora y para cada desplazamiento, el correspondiente KN en metros. Son únicamente función del desplazamiento del buque y del ángulo de escora, por lo que son independientes de la situación de carga y de la posición del centro de gravedad del buque.

Determinaremos estas curvas para trimado nulo y distintos ángulos de escora del buque; dichos ángulos serán 10, 20, 30, 40 60 y 80°. Los valores elegidos para el desplazamiento serán: 2500, 5000, 7500, 10000, 11000, 12000, 12500, 13000, 14000, 15000, 17500 y 20000 toneladas.

Los resultados de este apartado, así como las gráficas correspondientes se recogen en el anexo III.



6 CAPACIDADES Y CENTRO DE GRAVEDAD DE ESPACIOS.

En este apartado resumiremos los espacios del buque, su capacidad y la posición de su centro de gravedad.

Dichos datos se recogen en el anexo IV.

7 CALCULO DEL FRANCOBORDO.

El cálculo de francobordo se realiza con el objetivo de dotar al buque de una referencia de calado que asegure, en cualquier condición de navegación, una suficiente reserva de flotabilidad que garantice la navegabilidad del buque. El francobordo se define como la distancia medida desde la cubierta de francobordo, cubierta continua y estanca más elevada, hasta la línea de carga correspondiente, es decir, el calado correspondiente a una condición de carga específica.

Vamos a calcular el francobordo de acuerdo al “Convenio internacional sobre líneas de carga de 1966”, empleando los Artículos que van del 1 al 34, en los cuales se describen los buques que están exentos de este cálculo, así como las reglas que nos permiten determinarlo.

Según este convenio el francobordo se define como “la distancia medida verticalmente hacia abajo, en el centro del buque, desde el canto alto de la línea de cubierta de francobordo hasta el canto alto de la línea de carga correspondiente, la cual será la línea definida por la intersección del casco con la superficie del mara para unas condiciones de carga determinadas”.

Es importante destacar que según “las directrices para buques portacontenedores sin escotilla” de la OMI en su circular de 5 de Julio de 1994, para demostrar el francobordo son necesarios ensayos de canal. Sin embargo, al estar este proyecto destinado a un fin teórico, obviaremos dichos ensayos al no poder disponer de los recursos necesarios para realizarlos.



En todo el cálculo, suponemos que se cumplen el resto de artículos sobre estanqueidad y resistencia de los diferentes elementos, como cubiertas, superestructuras, troncos, aberturas de los mismos, escotillas de carga (en caso de llevarlas), etc.

En primer lugar se procederá a la definición de los términos necesarios para el cálculo del francobordo:

7.1 DATOS DE PARTIDA:

Los parámetros iniciales que vamos a necesitar para calcular el francobordo vienen representados en la tabla siguiente, y que están obtenidos del cuadernillo 2.

Eslora entre perpendiculares:	116,00 m.
Manga de trazado:	21,00 m.
Puntal de trazado:	12,20 m.
Calado de proyecto:	7,40 m.
Coefficiente de bloque a ese calado:	0,689
Coefficiente de la flotación:	0,829
Desplazamiento de trazado:	12724 Tons

- Cubierta de francobordo:

Se toma como cubierta de francobordo la cubierta principal que se prolonga a la zona del castillo; en nuestro buque:

12,2 m sobre la línea de base.

15 m en la zona del castillo.



- Eslora de francobordo:

Se mide como la mayor de los siguientes valores:

- El 96% de la eslora de flotación a un calado igual al 85% del puntal de trazado:

$$L = 0.96 \cdot 118.204 = 113.476m$$

- La eslora entre perpendiculares correspondiente:

$$L = 116.0m$$

Por lo tanto, la eslora de francobordo o de las líneas de carga será:

$$L = 116.0m$$

- Puntal de trazado.

Distancia vertical medida desde el canto alto de la quilla hasta el canto alto del bao de la cubierta de francobordo en el costado.

$$D = 12.2m$$

- Puntal de francobordo.

Se obtiene como la suma del puntal de trazado más el espesor de la plancha del trancanil (20mm) , ya que la cubierta de nuestro buque no lleva cubierta de madera.

$$D = 12.22m$$



- Manga.

Es la manga máxima del buque medida en el centro del mismo, es decir, medido en el punto medio de la eslora, y hasta la línea de trazado de la cubierta. En nuestro caso coincide con la manga de trazado.

$$B = 21.0m$$

- Coeficiente de bloque.

Con estos datos estamos ya en condiciones de calcular el coeficiente de bloque, para el desplazamiento de trazado (excluidos apéndices), a un calado de trazado del 85% del puntal de trazado.

$$\Delta = \frac{\Delta_T}{1.025} \left(\frac{0.85 \cdot D_p}{T} \right)^{CF/CB}$$

Siendo los valores que hay que introducir los obtenidos en el cuadernillo 2, por lo que resulta:

$$\Delta = 18630(t)$$

Por lo tanto:

$$C_B = \frac{\Delta}{1.025 \cdot L \cdot B \cdot 0.85 \cdot D} = 0.720$$



7.2 FRANCOBORDO TABULAR.

Es el francobordo básico, función solo del tipo de buque (A o B) y de su eslora. Su valor se obtiene de unas tablas por interpolación lineal. En nuestro caso estamos en un buque tipo B, por lo que entrando en las tablas correspondientes con la eslora de francobordo obtendremos que:

$$FB_{BT} = 1609mm$$

7.3 CORRECCIONES AL FRANCOBORDO TABULAR.

- Corrección por eslora.

La corrección por eslora tan solo se realiza cuando nos encontramos con buques de menos de 100 metros, por lo que no es aplicable en nuestro buque.

$$C_1 = 0$$

- Corrección por coeficiente de bloque.

Cuando el coeficiente de bloque (C_b) sea superior a 0,68, el francobordo tabular se multiplicará por el factor.

$$\frac{C_b + 0.68}{1.36}$$

En nuestro caso el $C_b = 0.72$

Por lo que la corrección será:

$$C_2 = 1.029$$



- Corrección por puntal.

Tenemos 2 opciones:

1. Cuando D exceda de $(L/15)$, el francobordo se aumentará en $[D - L / 15] R$ (mm), siendo $R = (L / 0,48)$ para esloras inferiores a 120 m y 250 para esloras de 120m y mayores.
2. Cuando D sea menor que $(L / 15)$ no se hará reducción alguna, excepto en buques con superestructuras cerradas que cubran al menos una longitud igual a $0,6 L$ en el centro del buque, o bien con un tronco completo, o una combinación de superestructuras cerradas separadas y troncos que se extiendan de manera continua de proa a popa

En nuestros casos estamos en la primera situación.

$$C_3 = \left(D - \frac{L}{15} \right) \cdot R = \left(D - \frac{L}{15} \right) \cdot \left(\frac{L}{0.48} \right) = 1079.44 \text{ mm}$$

- Corrección por superestructuras.

Cuando la longitud efectiva de superestructuras y troncos sea igual a $1 L$, la reducción del francobordo será de 350 mm para 24 m de eslora del buque, 860 mm para 85 m de eslora y 1.070 mm para 122 m de eslora y esloras superiores. Las reducciones correspondientes a esloras intermedias se obtendrán por interpolación lineal. En nuestro caso tenemos que la reducción sería de 1036 mm.



Ahora bien, en nuestro buque solo existe una superestructura propiamente dicha, el castillo de proa, con una longitud real de 15,54 m., lo cual equivale a un 13,4% de la eslora del buque; por lo que al ser menor que L, se le deberá aplicar un porcentaje el cual obtenemos de la tabla siguiente:

Porcentaje Por											
E/L	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Tipo A	0	7	14	21	31	41	52	63	75,3	87,7	100
Tipo B	0	5	10	15	23,5	32	46	63	75,3	87,7	100

Por lo que en nuestro caso, el porcentaje será del 6,7%.

Con todo esto tendremos que la reducción por superestructura será:

$$C_4 = 138.78m$$

- Corrección por arrufo.

La línea de arrufo de un buque es una curva cóncava, generalmente parabólica, intersección de la cubierta de francobordo con el plano de crujía del buque.

En Convenio de 1966 define una línea estándar del arrufo de la cubierta de francobordo. Si la línea de arrufo real encierra un área con la horizontal, al nivel del puntal del buque, menor que la encerrada por la línea de arrufo estándar, se aplica una corrección aditiva.

El Convenio Internacional de las líneas de carga dice textualmente en su regla 38:

Punto 9: “Cuando la curva de arrufo sea diferente de la normal, las cuatro ordenadas de cada una de las curvas en mitades de proa o de popa se multiplicarán por los factores correspondientes que se dan en la última columna de la tabla. La diferencia entre las sumas de los productos así obtenidos y la de los productos correspondientes al arrufo normal, dividida por 8, indica la deficiencia o exceso de arrufo en las mitades de proa y



popa. La media aritmética de los valores así obtenidos expresa el exceso o deficiencia de arrufo de la cubierta.”

	SITUACION	ORDENADA (mm)	FACTOR	ORDENADA * FACTOR
Mitad de popa	Perpendicular de popa	$25 \cdot (L / 3 + 10)$	1	1217
	1/6 desde la perpendicular de popa	$11,1 \cdot (L / 3 + 10)$	3	1621
	1/3 desde la perpendicular de popa	$2,8 \cdot (L / 3 + 10)$	3	409
	Centro del barco	0	1	0
			TOTAL	3246

	SITUACION	ORDENADA (mm)	FACTOR	ORDENADA * FACTOR
Mitad de proa	Centro del barco	0	1	0
	1/3 desde la perpendicular de proa	$5,6 \cdot (L / 3 + 10)$	3	818
	1/6 desde la perpendicular de proa	$22,2 \cdot (L / 3 + 10)$	3	3241
	Perpendicular de proa	$50 \cdot (L / 3 + 10)$	1	2433
			TOTAL	6492

Como nuestra cubierta no tiene arrufo, el valor de la corrección viene dado únicamente por los excesos de altura de superestructuras.

Como la ordenada extrema del castillo de proa es superior a la normal, tenemos que sumarle a la deficiencia de arrufo un valor dado por la fórmula:

$$S = \frac{(H_R - H_N) \cdot L'}{3 \cdot L}$$



Siendo:

S = suplemento de arrufo en mm.

Hr = altura real de la superestructura en mm

Hn = altura normal de la superestructura en mm

L' = longitud media de la superestructura en mm

L = eslora del buque en mm

En nuestro caso será:

	Real (mm)	Normal (mm)	Diferencia (mm)	Longitud (L')	Suplemento (S)
Toldilla	2800	2300	500	15536	22.3

Para determinar la corrección por arrufo tendremos que calcular un porcentaje multiplicativo con la siguiente expresión:

$$f = 0,75 - \frac{L'}{2 \cdot L} = 0.68$$

Finalmente, la corrección por arrufo será la diferencia entre el valor calculado a partir de la curva normal de arrufo y el suplemento por superestructuras dividido por 16 y multiplicado por f:

$$C_5 = \frac{(6492 - 22.3)}{16} \cdot 0.68 = 275mm$$



7.4 FRANCOBORDO GEOMÉTRICO.

Después de haber realizado estos cálculos, ya estamos en disposición de calcular el francobordo corregido mediante la fórmula:

$$FB_G = (FB_{BT} + C_1) \cdot C_2 + C_3 - C_4 + C_5 = 2901.1m$$

El calado máximo correspondiente será el puntal menos el francobordo geométrico:

$$T_G = D - FB_G = 9.319m$$

7.5 FRANCOBORDO DE ESCANTILLONADO Y CORRECCIÓN POR ESTABILIDAD.

Llegados a este punto, hasta ahora hemos demostrado que nuestro buque cumple todos los requisitos exigidos por las normativas internacionales sobre flotabilidad pues hemos cargado las bodegas del buque con una permeabilidad del buque del 70% y hemos obtenido que para esta situación de carga tenemos margen de estabilidad.

Ahora hemos de tener en cuenta tres factores añadidos: la resistencia estructural, la estabilidad y la particularidad de ser un buque tipo “hatchless” sin escotillas. Estos tres factores serán lo que influyan decisivamente en nuestro francobordo final. De todas formas todas estas consideraciones no dejan de tener sentido sin las pruebas correspondientes en los canales de ensayos, aunque como dijimos antes, al estar el proyecto destinado para un caso teórico, no vamos a disponer de dichos ensayos.

En principio nosotros podemos escantillonar la estructura de nuestro barco hasta el calado que más nos convenga, así mismo podemos realizar los estudios de estabilidad pertinentes también sin límite de calado con tal de cumplir las normativas en uno y otro caso.



El tercer factor nos viene determinado por las recomendaciones de la OMI sobre los buques sin tapas de escotillas en su circular del 5 de julio de 1994, en la que se cita que el francobordo mínimo se determinará a partir de las características de comportamiento en la mar y la estabilidad, realizándose pruebas con modelos y cálculos a fin de proporcionar a las administraciones lo siguiente:

- Datos medidos del caudal horario máximo de embarque probable de agua de mar en cada bodega, que no debe exceder del área de cada escotilla multiplicada por 400mm/h.
- Evaluación del caudal de descarga por las portas de desagüe (si las hay) de las bodegas.

Como resulta imposible en nuestro caso la evaluación de estos parámetros al no disponer de modelos para realizar las pruebas anteriores, optamos por aplicar un margen de proyecto sobre el valor antes calculado que absorba la diferencia con respecto de un buque portacontenedores con tapas de escotillas. Este valor se ha estimado en 1,5 m.

Los cálculos de estabilidad y resistencia estructural se han hecho para el calado de proyecto $T = 7,4m$ con lo que el margen adicional aplicado asciende a:

$$T_{esc} = T_{est} = 7.4m$$

$$\Delta FB_{hatchless} = \Delta FB_{escantillados} = \Delta FB_{estabilidad} = 9.299 - 7.4 = 1.899m$$

Por tanto nos sirve este margen.



7.6 FRANCOBORDO DE VERANO.

Con todos los resultados anteriores ya estamos en disposición de calcular el francobordo de verano de nuestro buque, este será:

$$FB_V = FB_G + \Delta FB_{esc} = 2.901 + 1.899 = 4.8m$$

Con lo que el calado de verano correspondiente será:

$$T_V = D - FB_V = 7.42m$$

7.7 FRANCOBORDO Y CALADO TROPICAL.

Se define como el francobordo de verano menos la cuadragésima octava parte del calado de verano:

$$FB_T = FB_V - T_V / 48 = 4.65m$$

El calado tropical será:

$$T_T = D - FB_T = 7.57m$$

7.8 FRANCOBORDO Y CALADO DE INVIERNO.

Es igual al francobordo de verano añadiéndole la cuadragésima octava parte del calado de verano:

$$FB_I = FB_V + T_V / 48 = 4.95m$$



El calado de invierno será:

$$T_i = D - FB_i = 7.27m$$

7.9 FRANCOBORDO Y CALADO PARA EL ATLÁNTICO NORTE EN INVIERNO.

En buques de más de 100 m de eslora como es nuestro caso, son iguales a los correspondientes de invierno:

$$FB_i = FB_v + T_v / 48 = 4.95m$$

El calado para el Atlántico Norte en invierno será:

$$T_i = D - FB_i = 7.27m$$

7.10 FRANCOBORDO PARA AGUA DULCE.

Se obtiene del francobordo mínimo en agua salada restándole la siguiente expresión:

$$FB_D = FB_v - \Delta / (40 \cdot T_{cm})$$

Siendo:

Δ = desplazamiento en agua salada, en toneladas, en la flotación en carga de verano
= 12777,7 tons.

T_{cm} = toneladas por centímetro de inmersión, en agua salda, en la flotación en carga de verano = 20,74 tons.

Por lo que tendremos:

$$FB_D = 4.8 - 12777.7 / (4 \cdot 2074) = 3.26m$$



7.11 ALTURA MÍNIMA DE PROA.

La altura del extremo de proa de la cubierta expuesta se mide verticalmente entre la flotación correspondiente al calado de verano (al asiento de proyecto) y el extremo de dicha cubierta.

Esta altura mínima para buques menores de 250 m de eslora es la siguiente:

$$H_{\min} = 56 \cdot L_{fr} \cdot \left(1 - \frac{L_{fr}}{500}\right) \cdot \frac{1,36}{C_B + 0,68}$$

Siendo:

- L_{fr} = eslora de las líneas de carga (m)
- H_{\min} = altura mínima en proa según se ha definido (m)
- C_B = coeficiente de bloque del buque a un calado igual al 85% del puntal del buque.

De donde obtenemos un valor para la altura mínima en proa de:

$$H_{\min} = 4.748m$$

La altura real será la suma del francobordo de verano más la altura del castillo de proa más el arrufo:

$$H_{real} = 14.092m$$



8 CALCULO DEL ARQUEO.

El arqueo es una medida de la capacidad del barco, existen dos tipos:

- Arqueo bruto: Nos indica la capacidad total del buque.
- Arqueo neto: Nos indica la capacidad del buque para transportar carga y pasajeros.

Este valor se usa habitualmente para calcular el pago de tasas e impuestos.

8.1 ARQUEO BRUTO GT

Se trata del volumen total del interior del buque, más casetas y superestructuras. Se halla mediante la fórmula:

$$GT = K_1 \cdot V$$

Siendo:

- $K_1 = 0,2 + 0,02 \cdot \log V$, el Parámetro de Formas.
- V el volumen total de todos los espacios cerrados del buque.

Los espacios cerrados incluyen los espacios cerrados bajo cubierta principal, castillos, casetas y la superestructura. De este modo tenemos que los volúmenes serán:

Espacio	Volumen (m3)
Interior bajo cubierta	23871
Superestructura + puente	2139
Total	26010



Así tenemos los valores de V, K₁ y GT:

$$V = 26010m^3$$

$$K_1 = 4.635$$

$$GT = K_1 \cdot V = 7499$$

Por lo que tendremos:

$$\underline{\underline{\text{ARQUEO BRUTO} = 7499 \text{ GT}}}$$

8.2 ARQUEO NETO NT

Se calcula mediante la fórmula:

$$NT = K_2 \cdot V_{CAR} \cdot \left(\frac{4T}{3D} \right)^2 + K_3 \cdot \left(N_1 + \frac{N_2}{10} \right)$$

Siendo:

- $K_2 = 0,2 + 0,02 \cdot \log V_{CAR}$
- VCAR el volumen de los espacios de carga en m³.
- T el calado de trazado medido en el centro del buque en m.
- D el puntal de trazado del barco en m.
- $K_3 = 1,25 \cdot \frac{GT + 10000}{10000}$
- N1 el número de pasajeros en camarotes que no tengan más de 8 literas.
- N2 el resto de pasajeros.



Debemos tener en cuenta además las siguientes consideraciones:

- Si la suma de N_1 y N_2 es menor de trece, ambos valores se consideran nulos.

- El factor $\frac{4T}{3D}$ no se toma superior a 1.

- El factor $K_2 \cdot V_{CAR} \cdot \left(\frac{4T}{3D}\right)^2$ no será inferior a $0,25 \cdot GT$.

- El valor NT será de al menos el 30% de GT

Los volúmenes de las bodegas serán:

Bodega de Carga	Volumen (m3)
Bodega 1	4916
Bodega 2	4944
Bodega 3	4306

Así tenemos los valores:

$$V_{CAR} = 14166 m^3$$

$$K_2 = 0,2 + 0,02 \cdot \log V_{CAR} = 0.283$$

$$\frac{4T}{3D} = 0.807 \text{ que es menor que la unidad}$$

$$K_2 \cdot V_{CAR} \cdot \left(\frac{4T}{3D}\right)^2 = 2613.789 > 1874.7 \text{ que es el } 0.25 \cdot GT.$$

$$NT = 2644 > 2250 \text{ que es el } 30\% \text{ de } GT$$

Por lo que:

$$\underline{\underline{\text{ARQUEO NETO} = 2644 \text{ NT}}}$$

9 ANEXOS



ANEXO I

CURVAS DE BONJEAN



1

FECHA - 11.07.29

HORA - 07.36.42

S I S T E M A F O R A N
=====

MODULO HYDROS VERSION 50

CALCULOS HIDROSTATICOS

CLIENTE - ETSIN FNAM
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2
1
SISTEMA FORAN MODULO HYDROS VERSION 50 DATOS PAG. 001

CLIENTE - ETSIN FNAM
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2
FECHA - 11.07.29

OPCIONES SELECCIONADAS

Densidad del agua del mar: 1.026 T/M3.
Espesor medio del forro : 10 MM.
No se han definido timones en el modulo HYDROS
No se han definido helices en el modulo HYDROS.

Calculo de valores numericos de Bonjean
Coeficiente de bloque calculado con el calado medio de trazado

Espesor plancha de quilla : 10 MM.



Calculos para calados paralelos igualmente espaciados:

- Altura en popa del calado inferior : 2.900 M.
- Altura en popa del calado superior : 12.000 M.
- Separacion entre calados: 0.500 M.
- Trimado de calados paralelos: -0.000 M.

Salida de hidrostáticas en metros cúbicos.

Calculos hidrostáticos para calados adicionales :

N	Calado en P. popa (M.)	Calado en P. proa (M.)
1	7.400	7.400

1 SISTEMA FORAN MODULO HYDROS VERSION 50 RESULTADOS PAG. 002
FECHA - 11.07.29
CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

VALORES NUMERICOS DE BONJEAN.

FLOTACION CONSIDERADA.....CALADO POPA= 2.900 CALADO PROA= 2.900

SECCION	CALADO	MANGA	AREA	MOMENTO	VERTICAL	PERIME.
-	M	M	M2	S/BASE M3	C.G. M	M
0.75	2.900	0.974	2.639	4.801	1.819	5.243
1.00	2.900	1.904	5.569	8.946	1.606	6.860
1.50	2.900	3.882	10.024	15.955	1.592	8.182
2.00	2.900	6.338	14.860	23.913	1.609	9.709
2.50	2.900	8.765	19.904	32.096	1.613	11.536
3.00	2.900	11.012	24.970	40.140	1.608	13.434
4.00	2.900	14.876	34.635	54.982	1.587	16.995
5.00	2.900	17.825	43.371	67.798	1.563	19.969
6.00	2.900	19.833	50.495	77.654	1.538	22.242
7.00	2.900	20.792	55.322	83.572	1.511	23.725
8.00	2.900	21.000	57.885	86.096	1.487	24.589
9.00	2.900	21.000	58.705	86.700	1.477	24.935
10.00	2.900	21.000	58.705	86.700	1.477	24.935
11.00	2.900	21.000	58.486	86.520	1.479	24.837
12.00	2.900	20.918	56.425	84.474	1.497	24.073
13.00	2.900	19.949	51.538	78.529	1.524	22.516
14.00	2.900	18.124	44.575	69.306	1.555	20.330
15.00	2.900	15.611	36.280	57.733	1.591	17.640
16.00	2.900	12.553	27.651	45.071	1.630	14.623
17.00	2.900	9.347	19.789	32.886	1.662	11.690
17.50	2.900	7.884	16.334	27.401	1.677	10.408
18.00	2.900	6.512	13.257	22.419	1.691	9.275
18.50	2.900	5.230	10.570	17.990	1.702	8.303
19.00	2.900	4.090	8.314	14.222	1.711	7.530
19.25	2.900	3.639	7.353	12.633	1.718	7.231
19.50	2.900	3.286	6.513	11.287	1.733	6.978
19.75	2.900	3.018	5.699	10.126	1.777	6.654
20.00	2.900	2.785	4.577	8.773	1.917	5.886
20.25	2.900	2.431	2.940	6.383	2.171	4.540
20.50	2.900	1.658	0.852	2.197	2.579	2.373

1 SISTEMA FORAN MODULO HYDROS VERSION 50 RESULTADOS PAG. 003
FECHA - 11.07.29
CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

VALORES NUMERICOS DE BONJEAN.

FLOTACION CONSIDERADA.....CALADO POPA= 3.400 CALADO PROA= 3.400

SECCION	CALADO	MANGA	AREA	MOMENTO	VERTICAL	PERIME.
-	M	M	M2	S/BASE M3	C.G. M	M
0.75	3.400	0.613	3.035	6.036	1.989	6.306
1.00	3.400	1.517	6.423	11.617	1.809	7.932



1.50	3.400	3.812	11.943	21.980	1.840	9.185
2.00	3.400	6.560	18.082	34.035	1.882	10.734
2.50	3.400	9.253	24.407	46.246	1.895	12.648
3.00	3.400	11.693	30.646	57.976	1.892	14.644
4.00	3.400	15.646	42.266	78.959	1.868	18.257
5.00	3.400	18.410	52.432	96.263	1.836	21.127
6.00	3.400	20.164	60.498	109.070	1.803	23.295
7.00	3.400	20.921	65.753	116.329	1.769	24.734
8.00	3.400	21.000	68.385	119.066	1.741	25.589
9.00	3.400	21.000	69.205	119.670	1.729	25.935
10.00	3.400	21.000	69.205	119.670	1.729	25.935
11.00	3.400	21.000	68.986	119.490	1.732	25.837
12.00	3.400	21.000	66.910	117.399	1.755	25.077
13.00	3.400	20.310	61.606	110.148	1.788	23.579
14.00	3.400	18.661	53.776	98.209	1.826	21.465
15.00	3.400	16.277	44.255	82.789	1.871	18.842
16.00	3.400	13.265	34.108	65.360	1.916	15.851
17.00	3.400	9.916	24.607	48.026	1.952	12.840
17.50	3.400	8.379	20.403	40.186	1.970	11.524
18.00	3.400	6.927	16.620	32.987	1.985	10.358
18.50	3.400	5.542	13.266	26.461	1.995	9.351
19.00	3.400	4.286	10.411	20.809	1.999	8.549
19.25	3.400	3.802	9.216	18.486	2.006	8.244
19.50	3.400	3.431	8.195	16.571	2.022	7.988
19.75	3.400	3.174	7.250	15.000	2.069	7.666
20.00	3.400	2.973	6.019	13.306	2.211	6.904
20.25	3.400	2.699	4.226	10.425	2.467	5.575
20.50	3.400	2.125	1.802	5.189	2.880	3.478

1

SISTEMA FORAN MODULO HYDROS VERSION 50 RESULTADOS PAG. 004

CLIENTE - ETSIN FECHA - 11.07.29
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU FNAME
tes2

VALORES NUMERICOS DE BONJEAN.

FLOTACION CONSIDERADA.....CALADO POPA= 3.900 CALADO PROA= 3.900

SECCION	CALADO	MANGA	AREA	MOMENTO	VERTICAL	PERIME.
-	M	M	M2	S/BASE M3	C.G. M	M
0.75	3.900	0.317	3.262	6.858	2.102	7.350
1.00	3.900	1.255	7.108	14.105	1.984	8.967
1.50	3.900	3.858	13.855	28.940	2.089	10.187
2.00	3.900	6.862	21.433	46.238	2.157	11.779
2.50	3.900	9.798	29.166	63.581	2.180	13.787
3.00	3.900	12.413	36.669	79.917	2.179	15.876
4.00	3.900	16.400	50.277	108.137	2.151	19.509
5.00	3.900	18.930	61.770	130.262	2.109	22.255
6.00	3.900	20.420	70.647	146.016	2.067	24.328
7.00	3.900	20.986	76.232	154.474	2.026	25.736
8.00	3.900	21.000	78.885	157.286	1.994	26.589
9.00	3.900	21.000	79.705	157.890	1.981	26.935
10.00	3.900	21.000	79.705	157.890	1.981	26.935
11.00	3.900	21.000	79.486	157.710	1.984	26.837
12.00	3.900	21.000	77.410	155.619	2.010	26.077
13.00	3.900	20.602	71.837	147.396	2.052	24.621
14.00	3.900	19.112	63.222	132.600	2.097	22.563
15.00	3.900	16.879	52.546	112.980	2.150	20.009
16.00	3.900	13.928	40.908	90.126	2.203	17.050
17.00	3.900	10.430	29.695	66.560	2.241	13.965
17.50	3.900	8.815	24.704	55.850	2.261	12.615
18.00	3.900	7.271	20.172	45.923	2.277	11.416
18.50	3.900	5.790	16.101	36.786	2.285	10.382
19.00	3.900	4.431	12.592	28.751	2.283	9.560
19.25	3.900	3.906	11.145	25.509	2.289	9.250
19.50	3.900	3.515	9.934	22.903	2.306	8.992
19.75	3.900	3.258	8.861	20.865	2.355	8.670
20.00	3.900	3.088	7.538	18.836	2.499	7.910
20.25	3.900	2.894	5.627	15.528	2.760	6.594
20.50	3.900	2.523	2.966	9.437	3.181	4.554

1



SISTEMA FORAN MODULO HYDROS VERSION 50

RESULTADOS

PAG. 005

FECHA - 11.07.29

CLIENTE - ETSIN

FNAME

DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU

tes2

VALORES NUMERICOS DE BONJEAN.

FLOTACION CONSIDERADA.....CALADO POPA= 4.400 CALADO PROA= 4.400

SECCION -	CALADO M	MANGA M	AREA M2	MOMENTO S/BASE M3	VERTICAL C.G. M	PERIME. M
0.75	4.400	0.000	3.371	7.302	2.166	8.445
1.00	4.400	1.207	7.714	16.614	2.154	9.971
1.50	4.400	4.061	15.827	37.109	2.345	11.208
2.00	4.400	7.313	24.969	60.887	2.439	12.877
2.50	4.400	10.456	34.224	84.534	2.470	14.985
3.00	4.400	13.201	43.070	106.431	2.471	17.149
4.00	4.400	17.129	58.660	142.856	2.435	20.747
5.00	4.400	19.396	71.353	169.948	2.382	23.358
6.00	4.400	20.623	80.909	188.507	2.330	25.348
7.00	4.400	21.000	86.730	197.936	2.282	26.736
8.00	4.400	21.000	89.385	200.756	2.246	27.589
9.00	4.400	21.000	90.205	201.360	2.232	27.935
10.00	4.400	21.000	90.205	201.360	2.232	27.935
11.00	4.400	21.000	89.986	201.180	2.236	27.837
12.00	4.400	21.000	87.910	199.089	2.265	27.077
13.00	4.400	20.810	82.193	190.276	2.315	25.643
14.00	4.400	19.518	72.881	172.597	2.368	23.642
15.00	4.400	17.444	61.127	148.519	2.430	21.158
16.00	4.400	14.551	48.029	119.619	2.491	18.228
17.00	4.400	10.887	35.028	88.645	2.531	15.065
17.50	4.400	9.202	29.210	74.514	2.551	13.687
18.00	4.400	7.561	23.882	61.287	2.566	12.457
18.50	4.400	5.992	19.048	48.991	2.572	11.402
19.00	4.400	4.536	14.835	38.041	2.564	10.565
19.25	4.400	3.964	13.114	33.664	2.567	10.251
19.50	4.400	3.540	11.700	30.216	2.583	9.992
19.75	4.400	3.269	10.496	27.634	2.633	9.670
20.00	4.400	3.120	9.093	25.277	2.780	8.911
20.25	4.400	3.019	7.108	21.663	3.048	7.602
20.50	4.400	2.854	4.314	15.022	3.482	5.607
20.75	4.400	0.996	0.233	0.989	4.244	1.285

1

SISTEMA FORAN MODULO HYDROS VERSION 50

RESULTADOS

PAG. 006

FECHA - 11.07.29

CLIENTE - ETSIN

FNAME

DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU

tes2

VALORES NUMERICOS DE BONJEAN.

FLOTACION CONSIDERADA.....CALADO POPA= 4.900 CALADO PROA= 4.900

SECCION -	CALADO M	MANGA M	AREA M2	MOMENTO S/BASE M3	VERTICAL C.G. M	PERIME. M
0.75	4.900	0.000	3.371	7.302	2.166	8.445
1.00	4.900	1.394	8.353	19.584	2.344	10.991
1.50	4.900	4.484	17.950	46.970	2.617	12.297
2.00	4.900	7.990	28.783	78.598	2.731	14.086
2.50	4.900	11.283	39.650	109.727	2.767	16.284
3.00	4.900	14.073	49.884	138.069	2.768	18.477
4.00	4.900	17.827	67.401	183.430	2.721	21.966
5.00	4.900	19.809	81.157	215.444	2.655	24.440
6.00	4.900	20.782	91.262	236.549	2.592	26.361
7.00	4.900	21.000	97.230	246.656	2.537	27.736
8.00	4.900	21.000	99.885	249.476	2.498	28.589
9.00	4.900	21.000	100.705	250.080	2.483	28.935
10.00	4.900	21.000	100.705	250.080	2.483	28.935
11.00	4.900	21.000	100.486	249.900	2.487	28.837



12.00	4.900	21.000	98.410	247.809	2.518	28.077
13.00	4.900	20.940	92.634	238.723	2.577	26.651
14.00	4.900	19.886	82.734	218.322	2.639	24.708
15.00	4.900	17.979	69.984	189.625	2.710	22.292
16.00	4.900	15.152	55.455	154.089	2.779	19.395
17.00	4.900	11.353	40.586	114.446	2.820	16.168
17.50	4.900	9.555	33.899	96.278	2.840	14.748
18.00	4.900	7.827	27.729	79.143	2.854	13.492
18.50	4.900	6.173	22.090	63.105	2.857	12.418
19.00	4.900	4.612	17.122	48.655	2.842	11.568
19.25	4.900	3.979	15.102	42.886	2.840	11.251
19.50	4.900	3.497	13.463	38.393	2.852	10.993
19.75	4.900	3.189	12.115	35.146	2.901	10.674
20.00	4.900	3.051	10.641	32.457	3.050	9.914
20.25	4.900	3.072	8.634	28.744	3.329	8.604
20.50	4.900	3.104	5.807	21.957	3.781	6.639
20.75	4.900	1.615	0.903	4.108	4.552	2.465

1

SISTEMA FORAN MODULO HYDROS VERSION 50 RESULTADOS PAG. 007

CLIENTE - ETSIN FECHA - 11.07.29
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU FNAME
tes2

VALORES NUMERICOS DE BONJEAN.

FLOTACION CONSIDERADA.....CALADO POPA= 5.400 CALADO PROA= 5.400

SECCION	CALADO	MANGA	AREA	MOMENTO	VERTICAL	PERIME.
-	M	M	M2	S/BASE M3	C.G. M	M
0.75	5.400	0.000	3.371	7.302	2.166	8.445
1.00	5.400	1.884	9.158	23.728	2.591	12.108
1.50	5.400	5.382	20.388	59.517	2.919	13.650
2.00	5.400	9.060	33.023	100.414	3.041	15.555
2.50	5.400	12.362	45.549	140.071	3.075	17.756
3.00	5.400	15.045	57.160	175.485	3.070	19.871
4.00	5.400	18.479	76.479	230.105	3.009	23.160
5.00	5.400	20.170	91.154	266.837	2.927	25.503
6.00	5.400	20.901	101.685	290.123	2.853	27.368
7.00	5.400	21.000	107.730	300.626	2.791	28.736
8.00	5.400	21.000	110.385	303.446	2.749	29.589
9.00	5.400	21.000	111.205	304.050	2.734	29.935
10.00	5.400	21.000	111.205	304.050	2.734	29.935
11.00	5.400	21.000	110.986	303.870	2.738	29.837
12.00	5.400	21.000	108.910	301.779	2.771	29.077
13.00	5.400	20.996	103.121	292.626	2.838	27.653
14.00	5.400	20.208	92.759	269.860	2.909	25.758
15.00	5.400	18.487	79.102	236.503	2.990	23.414
16.00	5.400	15.747	63.179	193.806	3.068	20.558
17.00	5.400	11.854	46.386	144.268	3.110	17.286
17.50	5.400	9.947	38.772	121.335	3.129	15.822
18.00	5.400	8.122	31.714	99.633	3.142	14.534
18.50	5.400	6.359	25.221	79.206	3.140	13.435
19.00	5.400	4.674	19.444	60.592	3.116	12.570
19.25	5.400	3.946	17.085	53.079	3.107	12.252
19.50	5.400	3.360	15.182	47.227	3.111	12.003
19.75	5.400	2.975	13.662	43.092	3.154	11.698
20.00	5.400	2.850	12.122	40.065	3.305	10.935
20.25	5.400	3.040	10.165	36.616	3.602	9.605
20.50	5.400	3.242	7.399	30.141	4.074	7.649
20.75	5.400	1.911	1.795	8.700	4.848	3.510

1

SISTEMA FORAN MODULO HYDROS VERSION 50 RESULTADOS PAG. 008

CLIENTE - ETSIN FECHA - 11.07.29
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU FNAME
tes2

VALORES NUMERICOS DE BONJEAN.

FLOTACION CONSIDERADA.....CALADO POPA= 5.900 CALADO PROA= 5.900



SECCION -	CALADO M	MANGA M	AREA M2	MOMENTO S/BASE M3	VERTICAL C.G. M	PERIME. M
0.75	5.900	0.512	3.495	8.012	2.293	9.467
1.00	5.900	2.873	10.318	30.295	2.936	13.522
1.50	5.900	7.037	23.466	76.912	3.278	15.586
2.00	5.900	10.666	37.937	128.161	3.378	17.448
2.50	5.900	13.715	52.059	176.818	3.396	19.438
3.00	5.900	16.110	64.945	219.417	3.379	21.332
4.00	5.900	19.086	85.872	283.094	3.297	24.330
5.00	5.900	20.474	101.317	324.166	3.200	26.549
6.00	5.900	20.976	112.156	349.182	3.113	28.371
7.00	5.900	21.000	118.230	359.845	3.044	29.736
8.00	5.900	21.000	120.885	362.666	3.000	30.589
9.00	5.900	21.000	121.705	363.270	2.985	30.935
10.00	5.900	21.000	121.705	363.270	2.985	30.935
11.00	5.900	21.000	121.486	363.090	2.989	30.837
12.00	5.900	21.000	119.410	360.999	3.023	30.077
13.00	5.900	21.000	113.621	351.845	3.097	28.653
14.00	5.900	20.479	102.933	327.246	3.179	26.794
15.00	5.900	18.965	88.466	289.328	3.270	24.522
16.00	5.900	16.334	71.200	239.054	3.358	21.719
17.00	5.900	12.406	52.448	178.469	3.403	18.429
17.50	5.900	10.401	43.856	150.015	3.421	16.921
18.00	5.900	8.467	35.858	123.014	3.431	15.592
18.50	5.900	6.578	28.453	97.441	3.425	14.459
19.00	5.900	4.740	21.798	73.866	3.389	13.572
19.25	5.900	3.872	19.040	64.102	3.367	13.255
19.50	5.900	3.132	16.807	56.389	3.355	13.029
19.75	5.900	2.628	15.068	51.012	3.386	12.756
20.00	5.900	2.513	13.468	47.648	3.538	11.991
20.25	5.900	2.903	11.657	45.024	3.863	10.614
20.50	5.900	3.244	9.027	39.324	4.356	8.650
20.75	5.900	1.963	2.774	14.226	5.128	4.514

1

SISTEMA FORAN MODULO HYDROS VERSION 50 RESULTADOS PAG. 009
----- FECHA - 11.07.29
CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

VALORES NUMERICOS DE BONJEAN.

FLOTACION CONSIDERADA.....CALADO POPA= 6.400 CALADO PROA= 6.400

SECCION -	CALADO M	MANGA M	AREA M2	MOMENTO S/BASE M3	VERTICAL C.G. M	PERIME. M
0.75	6.400	1.768	4.004	11.168	2.789	11.094
1.00	6.400	4.999	12.222	42.029	3.439	15.879
1.50	6.400	9.418	27.554	102.065	3.704	18.169
2.00	6.400	12.717	43.771	164.025	3.747	19.730
2.50	6.400	15.284	59.302	221.318	3.732	21.299
3.00	6.400	17.243	73.282	270.630	3.693	22.843
4.00	6.400	19.647	95.558	342.576	3.585	25.477
5.00	6.400	20.714	111.617	387.412	3.471	27.577
6.00	6.400	21.000	122.652	413.627	3.372	29.371
7.00	6.400	21.000	128.730	424.315	3.296	30.736
8.00	6.400	21.000	131.385	427.136	3.251	31.589
9.00	6.400	21.000	132.205	427.740	3.235	31.935
10.00	6.400	21.000	132.205	427.740	3.235	31.935
11.00	6.400	21.000	131.986	427.560	3.239	31.837
12.00	6.400	21.000	129.910	425.469	3.275	31.077
13.00	6.400	21.000	124.121	416.315	3.354	29.653
14.00	6.400	20.693	113.228	390.463	3.448	27.817
15.00	6.400	19.398	98.060	348.239	3.551	25.612
16.00	6.400	16.911	79.511	290.098	3.649	22.873
17.00	6.400	13.040	58.806	217.520	3.699	19.613
17.50	6.400	10.956	49.190	182.781	3.716	18.065
18.00	6.400	8.895	40.195	149.650	3.723	16.680
18.50	6.400	6.850	31.808	118.042	3.711	15.496
19.00	6.400	4.826	24.187	88.539	3.661	14.576



19.25	6.400	3.833	20.964	75.916	3.621	14.256
19.50	6.400	2.885	18.310	65.610	3.583	14.059
19.75	6.400	2.140	16.268	58.370	3.588	13.870
20.00	6.400	2.036	14.612	54.663	3.741	13.100
20.25	6.400	2.609	13.043	53.531	4.104	11.658
20.50	6.400	3.056	10.611	49.048	4.622	9.669
20.75	6.400	1.638	3.698	19.891	5.379	5.578

1

SISTEMA FORAN MODULO HYDROS VERSION 50 RESULTADOS PAG. 010

CLIENTE - ETSIN FECHA - 11.07.29
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU FNAME
tes2

VALORES NUMERICOS DE BONJEAN.

FLOTACION CONSIDERADA.....CALADO POPA= 6.900 CALADO PROA= 6.900

SECCION -	CALADO M	MANGA M	AREA M2	MOMENTO S/BASE M3	VERTICAL C.G. M	PERIME. M
0.75	6.900	5.220	5.657	22.212	3.927	14.693
1.00	6.900	8.238	15.505	63.892	4.121	19.269
1.50	6.900	12.132	32.935	137.844	4.185	21.062
2.00	6.900	14.886	50.676	209.925	4.142	22.119
2.50	6.900	16.909	67.354	274.818	4.080	23.207
3.00	6.900	18.391	82.191	329.807	4.013	24.366
4.00	6.900	20.153	105.511	408.673	3.873	26.598
5.00	6.900	20.886	122.020	456.493	3.741	28.592
6.00	6.900	21.000	133.152	483.346	3.630	30.371
7.00	6.900	21.000	139.230	494.035	3.548	31.736
8.00	6.900	21.000	141.885	496.856	3.502	32.589
9.00	6.900	21.000	142.705	497.460	3.486	32.935
10.00	6.900	21.000	142.705	497.460	3.486	32.935
11.00	6.900	21.000	142.486	497.280	3.490	32.837
12.00	6.900	21.000	140.410	495.189	3.527	32.077
13.00	6.900	21.000	134.621	486.035	3.610	30.653
14.00	6.900	20.850	123.616	459.443	3.717	28.830
15.00	6.900	19.779	107.856	413.297	3.832	26.682
16.00	6.900	17.477	88.106	347.182	3.940	24.022
17.00	6.900	13.748	65.501	261.989	4.000	20.839
17.50	6.900	11.606	54.827	220.222	4.017	19.257
18.00	6.900	9.414	44.768	180.028	4.021	17.807
18.50	6.900	7.198	35.316	141.342	4.002	16.555
19.00	6.900	4.971	26.633	104.783	3.934	15.587
19.25	6.900	3.850	22.882	88.652	3.874	15.256
19.50	6.900	2.708	19.703	74.860	3.799	15.075
19.75	6.900	1.653	17.207	64.596	3.754	14.984
20.00	6.900	1.272	15.456	60.251	3.898	14.361
20.25	6.900	2.030	14.222	61.349	4.314	12.820
20.50	6.900	2.574	12.038	58.507	4.860	10.786
20.75	6.900	0.000	4.190	23.123	5.518	7.500

1

SISTEMA FORAN MODULO HYDROS VERSION 50 RESULTADOS PAG. 011

CLIENTE - ETSIN FECHA - 11.07.29
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU FNAME
tes2

VALORES NUMERICOS DE BONJEAN.

FLOTACION CONSIDERADA.....CALADO POPA= 7.400 CALADO PROA= 7.400

SECCION -	CALADO M	MANGA M	AREA M2	MOMENTO S/BASE M3	VERTICAL C.G. M	PERIME. M
0.25	7.400	2.662	0.196	1.439	7.342	2.677
0.50	7.400	6.685	1.787	12.896	7.216	6.759
0.75	7.400	9.681	9.376	48.860	5.211	19.265
1.00	7.400	11.866	20.516	99.747	4.862	23.032
1.50	7.400	14.913	39.697	186.185	4.690	24.017
2.00	7.400	16.928	58.634	266.784	4.550	24.393



2.50	7.400	18.391	76.186	337.915	4.435	24.996
3.00	7.400	19.438	91.654	397.394	4.336	25.814
4.00	7.400	20.585	115.699	481.425	4.161	27.687
5.00	7.400	20.982	132.491	531.255	4.010	29.597
6.00	7.400	21.000	143.652	558.316	3.887	31.371
7.00	7.400	21.000	149.730	569.005	3.800	32.736
8.00	7.400	21.000	152.385	571.826	3.753	33.589
9.00	7.400	21.000	153.205	572.430	3.736	33.935
10.00	7.400	21.000	153.205	572.430	3.736	33.935
11.00	7.400	21.000	152.986	572.250	3.741	33.837
12.00	7.400	21.000	150.910	570.159	3.778	33.077
13.00	7.400	21.000	145.121	561.005	3.866	31.653
14.00	7.400	20.953	134.070	534.081	3.984	29.835
15.00	7.400	20.101	117.829	484.506	4.112	27.733
16.00	7.400	18.031	96.982	410.569	4.233	25.165
17.00	7.400	14.505	72.563	312.424	4.306	22.093
17.50	7.400	12.332	60.808	262.944	4.324	20.493
18.00	7.400	10.023	49.624	214.706	4.327	18.978
18.50	7.400	7.649	39.024	167.827	4.301	17.652
19.00	7.400	5.211	29.174	122.929	4.214	16.616
19.25	7.400	3.951	24.827	102.544	4.130	16.262
19.50	7.400	2.683	21.044	84.431	4.012	16.077
19.75	7.400	1.410	17.962	69.982	3.896	16.016
20.00	7.400	0.083	15.810	62.755	3.969	15.917
20.25	7.400	0.000	14.845	65.749	4.429	15.099
20.50	7.400	0.481	13.015	65.452	5.029	13.190
20.75	7.400	0.000	4.190	23.123	5.518	7.500

1

SISTEMA FORAN MODULO HYDROS VERSION 50 RESULTADOS PAG. 012
----- FECHA - 11.07.29
CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

VALORES NUMERICOS DE BONJEAN.

FLOTACION CONSIDERADA.....CALADO POPA= 7.400 CALADO PROA= 7.400

SECCION	CALADO	MANGA	AREA	MOMENTO	VERTICAL	PERIME.
-	M	M	M2	S/BASE M3	C.G. M	M
0.25	7.400	2.662	0.196	1.439	7.342	2.677
0.50	7.400	6.685	1.787	12.896	7.216	6.759
0.75	7.400	9.681	9.376	48.860	5.211	19.265
1.00	7.400	11.866	20.516	99.747	4.862	23.032
1.50	7.400	14.913	39.697	186.185	4.690	24.017
2.00	7.400	16.928	58.634	266.784	4.550	24.393
2.50	7.400	18.391	76.186	337.915	4.435	24.996
3.00	7.400	19.438	91.654	397.394	4.336	25.814
4.00	7.400	20.585	115.699	481.425	4.161	27.687
5.00	7.400	20.982	132.491	531.255	4.010	29.597
6.00	7.400	21.000	143.652	558.316	3.887	31.371
7.00	7.400	21.000	149.730	569.005	3.800	32.736
8.00	7.400	21.000	152.385	571.826	3.753	33.589
9.00	7.400	21.000	153.205	572.430	3.736	33.935
10.00	7.400	21.000	153.205	572.430	3.736	33.935
11.00	7.400	21.000	152.986	572.250	3.741	33.837
12.00	7.400	21.000	150.910	570.159	3.778	33.077
13.00	7.400	21.000	145.121	561.005	3.866	31.653
14.00	7.400	20.953	134.070	534.081	3.984	29.835
15.00	7.400	20.101	117.829	484.506	4.112	27.733
16.00	7.400	18.031	96.982	410.569	4.233	25.165
17.00	7.400	14.505	72.563	312.424	4.306	22.093
17.50	7.400	12.332	60.808	262.944	4.324	20.493
18.00	7.400	10.023	49.624	214.706	4.327	18.978
18.50	7.400	7.649	39.024	167.827	4.301	17.652
19.00	7.400	5.211	29.174	122.929	4.214	16.616
19.25	7.400	3.951	24.827	102.544	4.130	16.262
19.50	7.400	2.683	21.044	84.431	4.012	16.077
19.75	7.400	1.410	17.962	69.982	3.896	16.016
20.00	7.400	0.083	15.810	62.755	3.969	15.917
20.25	7.400	0.000	14.845	65.749	4.429	15.099
20.50	7.400	0.481	13.015	65.452	5.029	13.190



1 20.75 7.400 0.000 4.190 23.123 5.518 7.500

SISTEMA FORAN MODULO HYDROS VERSION 50 RESULTADOS PAG. 013

CLIENTE - ETSIN FECHA - 11.07.29
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU FNAME
tes2

VALORES NUMERICOS DE BONJEAN.

FLOTACION CONSIDERADA.....CALADO POPA= 7.900 CALADO PROA= 7.900

SECCION	CALADO	MANGA	AREA	MOMENTO	VERTICAL	PERIME.
-	M	M	M2	S/BASE M3	C.G. M	M
-0.25	7.900	2.903	0.242	1.893	7.835	2.916
0.00	7.900	6.546	1.360	10.548	7.753	6.580
0.25	7.900	9.597	3.331	25.536	7.665	9.684
0.50	7.900	12.058	6.507	49.064	7.541	12.227
0.75	7.900	13.996	15.315	94.325	6.159	23.694
1.00	7.900	15.456	27.370	152.187	5.560	26.760
1.50	7.900	17.482	47.814	248.248	5.192	26.774
2.00	7.900	18.769	67.572	335.112	4.959	26.488
2.50	7.900	19.668	85.713	410.723	4.792	26.618
3.00	7.900	20.287	101.596	473.370	4.659	27.127
4.00	7.900	20.896	126.076	560.711	4.447	28.735
5.00	7.900	21.000	142.989	611.461	4.276	30.598
6.00	7.900	21.000	154.152	638.536	4.142	32.371
7.00	7.900	21.000	160.230	649.225	4.052	33.736
8.00	7.900	21.000	162.885	652.045	4.003	34.589
9.00	7.900	21.000	163.705	652.650	3.987	34.935
10.00	7.900	21.000	163.705	652.650	3.987	34.935
11.00	7.900	21.000	163.486	652.470	3.991	34.837
12.00	7.900	21.000	161.410	650.379	4.029	34.077
13.00	7.900	21.000	155.621	641.225	4.120	32.653
14.00	7.900	20.997	144.560	614.225	4.249	30.836
15.00	7.900	20.373	127.949	561.831	4.391	28.769
16.00	7.900	18.573	106.134	480.496	4.527	26.303
17.00	7.900	15.316	80.015	369.379	4.616	23.380
17.50	7.900	13.146	67.174	311.593	4.639	21.783
18.00	7.900	10.741	54.810	254.343	4.640	20.209
18.50	7.900	8.210	42.983	198.086	4.608	18.799
19.00	7.900	5.585	31.866	143.508	4.503	17.684
19.25	7.900	4.231	26.864	118.113	4.397	17.302
19.50	7.900	2.849	22.418	94.936	4.235	17.092
19.75	7.900	1.426	18.660	75.318	4.036	17.018
20.00	7.900	0.140	16.006	64.254	4.014	17.432
20.25	7.900	0.000	14.845	65.749	4.429	15.099
20.50	7.900	0.000	13.018	65.473	5.030	13.672
20.75	7.900	0.000	4.190	23.123	5.518	7.500

1 SISTEMA FORAN MODULO HYDROS VERSION 50 RESULTADOS PAG. 014

CLIENTE - ETSIN FECHA - 11.07.29
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU FNAME
tes2

VALORES NUMERICOS DE BONJEAN.

FLOTACION CONSIDERADA.....CALADO POPA= 8.400 CALADO PROA= 8.400

SECCION	CALADO	MANGA	AREA	MOMENTO	VERTICAL	PERIME.
-	M	M	M2	S/BASE M3	C.G. M	M
-0.50	8.400	7.840	1.701	14.025	8.247	7.873
-0.25	8.400	10.598	3.693	30.145	8.163	10.670
0.00	8.400	12.822	6.270	50.643	8.077	12.951
0.25	8.400	14.730	9.473	75.635	7.984	14.914
0.50	8.400	16.145	13.629	107.128	7.860	16.436
0.75	8.400	17.204	23.171	158.338	6.834	27.056
1.00	8.400	18.040	35.795	220.822	6.169	29.533
1.50	8.400	19.279	57.046	323.437	5.670	28.836



2.00	8.400	20.018	77.297	414.300	5.360	28.092
2.50	8.400	20.499	95.774	492.635	5.144	27.922
3.00	8.400	20.804	111.882	557.114	4.979	28.256
4.00	8.400	21.000	136.560	646.055	4.731	29.743
5.00	8.400	21.000	153.489	696.931	4.541	31.598
6.00	8.400	21.000	164.652	724.006	4.397	33.371
7.00	8.400	21.000	170.730	734.695	4.303	34.736
8.00	8.400	21.000	173.384	737.515	4.254	35.589
9.00	8.400	21.000	174.205	738.120	4.237	35.935
10.00	8.400	21.000	174.205	738.120	4.237	35.935
11.00	8.400	21.000	173.986	737.940	4.241	35.837
12.00	8.400	21.000	171.910	735.849	4.280	35.077
13.00	8.400	21.000	166.121	726.695	4.375	33.653
14.00	8.400	21.000	155.059	699.694	4.512	31.836
15.00	8.400	20.601	138.194	645.233	4.669	29.795
16.00	8.400	19.111	115.555	557.194	4.822	27.438
17.00	8.400	16.214	87.894	433.530	4.932	24.724
17.50	8.400	14.067	73.972	366.952	4.961	23.143
18.00	8.400	11.595	60.386	299.755	4.964	21.525
18.50	8.400	8.937	47.262	232.932	4.929	20.036
19.00	8.400	6.145	34.790	167.316	4.809	18.832
19.25	8.400	4.714	29.092	136.257	4.684	18.414
19.50	8.400	3.236	23.930	107.247	4.482	18.166
19.75	8.400	1.711	19.433	81.609	4.200	18.061
20.00	8.400	0.140	18.161	72.525	3.993	19.003
20.25	8.400	0.000	14.845	65.749	4.429	15.099
20.50	8.400	0.000	13.018	65.473	5.030	13.672
20.75	8.400	0.000	4.190	23.123	5.518	7.500

1

SISTEMA FORAN MODULO HYDROS VERSION 50 RESULTADOS PAG. 015
----- FECHA - 11.07.29
CLIENTE - ETSIN FNAM
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

VALORES NUMERICOS DE BONJEAN.

FLOTACION CONSIDERADA.....CALADO POPA= 8.900 CALADO PROA= 8.900

SECCION	CALADO	MANGA	AREA	MOMENTO	VERTICAL	PERIME.
-	M	M	M2	S/BASE M3	C.G. M	M
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
-0.50	8.900	14.749	7.516	64.414	8.570	14.869
-0.25	8.900	15.922	10.446	88.602	8.482	16.100
0.00	8.900	16.965	13.830	116.046	8.391	17.217
0.25	8.900	17.835	17.700	146.786	8.293	18.181
0.50	8.900	18.532	22.364	182.649	8.167	19.031
0.75	8.900	19.108	32.293	237.192	7.345	29.212
1.00	8.900	19.587	45.236	302.429	6.686	31.380
1.50	8.900	20.293	66.966	409.168	6.110	30.266
2.00	8.900	20.714	87.502	502.485	5.743	29.317
2.50	8.900	20.925	106.147	582.268	5.486	29.015
3.00	8.900	20.999	122.347	647.533	5.293	29.279
4.00	8.900	21.000	147.060	736.775	5.010	30.743
5.00	8.900	21.000	163.989	787.651	4.803	32.598
6.00	8.900	21.000	175.152	814.726	4.652	34.371
7.00	8.900	21.000	181.230	825.415	4.555	35.736
8.00	8.900	21.000	183.884	828.235	4.504	36.589
9.00	8.900	21.000	184.705	828.840	4.487	36.935
10.00	8.900	21.000	184.705	828.840	4.487	36.935
11.00	8.900	21.000	184.486	828.660	4.492	36.837
12.00	8.900	21.000	182.410	826.569	4.531	36.077
13.00	8.900	21.000	176.621	817.415	4.628	34.653
14.00	8.900	21.000	165.559	790.414	4.774	32.836
15.00	8.900	20.788	148.543	734.652	4.946	30.812
16.00	8.900	19.644	125.243	640.917	5.117	28.571
17.00	8.900	17.154	96.236	505.629	5.254	26.097
17.50	8.900	15.099	81.259	429.931	5.291	24.580
18.00	8.900	12.628	66.435	352.040	5.299	22.963
18.50	8.900	9.876	51.956	273.506	5.264	21.409
19.00	8.900	6.943	38.051	195.511	5.138	20.113
19.25	8.900	5.429	31.617	158.088	5.000	19.645
19.50	8.900	3.885	25.698	122.537	4.768	19.361



19.75	8.900	2.318	20.426	90.206	4.416	19.234
20.00	8.900	0.735	15.998	64.298	4.019	20.376
20.25	8.900	0.000	14.845	65.749	4.429	15.099
20.50	8.900	0.000	13.018	65.473	5.030	13.672
20.75	8.900	0.000	4.190	23.123	5.518	7.500

1

SISTEMA FORAN MODULO HYDROS VERSION 50 RESULTADOS PAG. 016
----- FECHA - 11.07.29
CLIENTE - ETSIN FNAM
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

VALORES NUMERICOS DE BONJEAN.

FLOTACION CONSIDERADA.....CALADO POPA= 9.400 CALADO PROA= 9.400

SECCION	CALADO	MANGA	AREA	MOMENTO	VERTICAL	PERIME.
-	M	M	M2	S/BASE M3	C.G. M	M
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
-0.50	9.400	17.779	15.750	139.738	8.872	18.067
-0.25	9.400	18.399	19.104	167.787	8.783	18.780
0.00	9.400	18.947	22.861	198.631	8.689	19.443
0.25	9.400	19.416	27.049	232.267	8.587	20.057
0.50	9.400	19.831	31.985	270.612	8.460	20.675
0.75	9.400	20.173	42.139	327.204	7.765	30.678
1.00	9.400	20.446	55.266	394.115	7.131	32.703
1.50	9.400	20.809	77.257	503.237	6.514	31.395
2.00	9.400	20.978	97.940	597.888	6.105	30.356
2.50	9.400	21.000	116.638	678.161	5.814	30.020
3.00	9.400	21.000	132.847	743.503	5.597	30.279
4.00	9.400	21.000	157.560	832.745	5.285	31.743
5.00	9.400	21.000	174.489	883.621	5.064	33.598
6.00	9.400	21.000	185.652	910.696	4.905	35.371
7.00	9.400	21.000	191.730	921.385	4.806	36.736
8.00	9.400	21.000	194.384	924.205	4.755	37.589
9.00	9.400	21.000	195.205	924.810	4.738	37.935
10.00	9.400	21.000	195.205	924.810	4.738	37.935
11.00	9.400	21.000	194.986	924.630	4.742	37.837
12.00	9.400	21.000	192.910	922.539	4.782	37.077
13.00	9.400	21.000	187.121	913.385	4.881	35.653
14.00	9.400	21.000	176.059	886.384	5.035	33.836
15.00	9.400	20.926	158.974	829.993	5.221	31.822
16.00	9.400	20.142	135.192	731.860	5.413	29.689
17.00	9.400	18.090	105.049	586.199	5.580	27.466
17.50	9.400	16.258	89.092	501.551	5.630	26.111
18.00	9.400	13.830	73.042	412.455	5.647	24.527
18.50	9.400	11.078	57.181	321.294	5.619	22.973
19.00	9.400	8.034	41.782	229.637	5.496	21.593
19.25	9.400	6.456	34.574	185.137	5.355	21.080
19.50	9.400	4.815	27.862	142.333	5.109	20.728
19.75	9.400	3.158	21.789	102.679	4.712	20.541
20.00	9.400	1.477	16.546	69.324	4.190	21.622
20.25	9.400	0.000	14.845	65.749	4.429	15.099
20.50	9.400	0.000	13.018	65.473	5.030	13.672
20.75	9.400	0.000	4.190	23.123	5.518	7.500

1

SISTEMA FORAN MODULO HYDROS VERSION 50 RESULTADOS PAG. 017
----- FECHA - 11.07.29
CLIENTE - ETSIN FNAM
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

VALORES NUMERICOS DE BONJEAN.

FLOTACION CONSIDERADA.....CALADO POPA= 9.900 CALADO PROA= 9.900

SECCION	CALADO	MANGA	AREA	MOMENTO	VERTICAL	PERIME.
-	M	M	M2	S/BASE M3	C.G. M	M
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
-0.50	9.900	19.362	25.071	229.621	9.159	19.945
-0.25	9.900	19.738	28.668	260.018	9.070	20.455
0.00	9.900	20.065	32.641	292.932	8.974	20.948



0.25	9.900	20.343	37.013	328.335	8.871	21.426
0.50	9.900	20.576	42.107	368.201	8.744	21.927
0.75	9.900	20.758	52.389	426.028	8.132	31.841
1.00	9.900	20.888	65.615	493.890	7.527	33.801
1.50	9.900	20.997	87.721	604.114	6.887	32.416
2.00	9.900	21.000	108.438	699.094	6.447	31.357
2.50	9.900	21.000	127.138	779.381	6.130	31.020
3.00	9.900	21.000	143.347	844.723	5.893	31.279
4.00	9.900	21.000	168.060	933.964	5.557	32.743
5.00	9.900	21.000	184.989	984.841	5.324	34.598
6.00	9.900	21.000	196.152	1011.916	5.159	36.371
7.00	9.900	21.000	202.230	1022.604	5.057	37.736
8.00	9.900	21.000	204.884	1025.425	5.005	38.589
9.00	9.900	21.000	205.705	1026.030	4.988	38.935
10.00	9.900	21.000	205.705	1026.030	4.988	38.935
11.00	9.900	21.000	205.486	1025.850	4.992	38.837
12.00	9.900	21.000	203.410	1023.759	5.033	38.077
13.00	9.900	21.000	197.621	1014.605	5.134	36.653
14.00	9.900	21.000	186.559	987.604	5.294	34.836
15.00	9.900	20.998	169.459	931.066	5.494	32.825
16.00	9.900	20.564	145.374	830.020	5.710	30.774
17.00	9.900	18.949	114.313	675.521	5.909	28.785
17.50	9.900	17.413	97.516	582.779	5.976	27.639
18.00	9.900	15.273	80.302	482.468	6.008	26.284
18.50	9.900	12.597	63.089	378.278	5.996	24.793
19.00	9.900	9.389	46.131	271.588	5.887	23.278
19.25	9.900	7.680	38.104	219.187	5.752	22.660
19.50	9.900	5.915	30.541	168.180	5.507	22.214
19.75	9.900	4.117	23.604	120.193	5.092	21.926
20.00	9.900	2.299	17.488	78.419	4.484	22.916
20.25	9.900	0.403	14.889	66.186	4.445	15.669
20.50	9.900	0.000	13.018	65.473	5.030	13.672
20.75	9.900	0.000	4.190	23.123	5.518	7.500

1

SISTEMA FORAN MODULO HYDROS VERSION 50 RESULTADOS PAG. 018

CLIENTE - ETSIN FECHA - 11.07.29
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU FNAME tes2

VALORES NUMERICOS DE BONJEAN.

FLOTACION CONSIDERADA.....CALADO POPA= 10.400 CALADO PROA= 10.400

SECCION	CALADO	MANGA	AREA	MOMENTO	VERTICAL	PERIME.
-	M	M	M2	S/BASE M3	C.G. M	M
-0.50	10.400	20.268	34.999	330.311	9.438	21.298
-0.25	10.400	20.492	38.744	362.198	9.349	21.711
0.00	10.400	20.675	42.842	396.380	9.252	22.123
0.25	10.400	20.825	47.319	432.851	9.147	22.540
0.50	10.400	20.930	52.497	473.563	9.021	22.991
0.75	10.400	20.988	62.838	531.989	8.466	32.871
1.00	10.400	21.000	76.099	600.197	7.887	34.811
1.50	10.400	21.000	98.221	710.583	7.235	33.416
2.00	10.400	21.000	118.938	805.563	6.773	32.357
2.50	10.400	21.000	137.638	885.851	6.436	32.020
3.00	10.400	21.000	153.847	951.192	6.183	32.279
4.00	10.400	21.000	178.560	1040.434	5.827	33.743
5.00	10.400	21.000	195.489	1091.310	5.582	35.598
6.00	10.400	21.000	206.652	1118.385	5.412	37.371
7.00	10.400	21.000	212.730	1129.074	5.308	38.736
8.00	10.400	21.000	215.384	1131.895	5.255	39.589
9.00	10.400	21.000	216.205	1132.500	5.238	39.935
10.00	10.400	21.000	216.205	1132.500	5.238	39.935
11.00	10.400	21.000	215.986	1132.320	5.243	39.837
12.00	10.400	21.000	213.910	1130.229	5.284	39.077
13.00	10.400	21.000	208.121	1121.075	5.387	37.653
14.00	10.400	21.000	197.059	1094.074	5.552	35.836
15.00	10.400	21.000	179.959	1037.535	5.765	33.825
16.00	10.400	20.835	155.730	935.035	6.004	31.811
17.00	10.400	19.678	123.977	773.523	6.239	30.023
17.50	10.400	18.408	106.479	673.681	6.327	29.050



18.00	10.400	16.621	88.293	563.521	6.382	27.964
18.50	10.400	14.216	69.797	446.328	6.395	26.695
19.00	10.400	10.796	51.182	322.836	6.308	25.004
19.25	10.400	8.957	42.263	261.391	6.185	24.282
19.50	10.400	7.082	33.789	201.142	5.953	23.751
19.75	10.400	5.164	25.921	143.715	5.544	23.374
20.00	10.400	3.219	18.863	92.382	4.897	24.275
20.25	10.400	1.224	15.295	70.320	4.597	16.962
20.50	10.400	0.000	13.018	65.473	5.030	13.672
20.75	10.400	0.000	4.190	23.123	5.518	7.500

1

SISTEMA FORAN MODULO HYDROS VERSION 50 RESULTADOS PAG. 019
----- FECHA - 11.07.29
CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

VALORES NUMERICOS DE BONJEAN.

FLOTACION CONSIDERADA.....CALADO POPA= 10.900 CALADO PROA= 10.900

SECCION	CALADO	MANGA	AREA	MOMENTO	VERTICAL	PERIME.
-	M	M	M2	S/BASE M3	C.G. M	M
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
-0.50	10.900	20.780	45.275	439.659	9.711	22.425
-0.25	10.900	20.891	49.103	472.424	9.621	22.792
0.00	10.900	20.962	53.263	507.268	9.524	23.166
0.25	10.900	20.998	57.787	544.231	9.418	23.558
0.50	10.900	21.000	62.989	585.197	9.290	23.996
0.75	10.900	21.000	73.337	643.702	8.777	33.871
1.00	10.900	21.000	86.599	711.917	8.221	35.811
1.50	10.900	21.000	108.721	822.303	7.563	34.416
2.00	10.900	21.000	129.438	917.283	7.087	33.357
2.50	10.900	21.000	148.138	997.570	6.734	33.020
3.00	10.900	21.000	164.347	1062.912	6.467	33.279
4.00	10.900	21.000	189.060	1152.154	6.094	34.743
5.00	10.900	21.000	205.989	1203.030	5.840	36.598
6.00	10.900	21.000	217.152	1230.105	5.665	38.371
7.00	10.900	21.000	223.230	1240.794	5.558	39.736
8.00	10.900	21.000	225.884	1243.615	5.506	40.589
9.00	10.900	21.000	226.705	1244.220	5.488	40.935
10.00	10.900	21.000	226.705	1244.220	5.488	40.935
11.00	10.900	21.000	226.486	1244.040	5.493	40.837
12.00	10.900	21.000	224.410	1241.949	5.534	40.077
13.00	10.900	21.000	218.621	1232.795	5.639	38.653
14.00	10.900	21.000	207.559	1205.794	5.809	36.836
15.00	10.900	21.000	190.459	1149.255	6.034	34.825
16.00	10.900	20.973	166.187	1046.302	6.296	32.822
17.00	10.900	20.211	133.957	879.725	6.567	31.157
17.50	10.900	19.175	115.885	773.783	6.677	30.312
18.00	10.900	17.605	96.862	654.721	6.759	29.369
18.50	10.900	15.331	77.205	525.177	6.802	28.197
19.00	10.900	12.023	56.899	383.689	6.743	26.588
19.25	10.900	10.166	47.050	312.349	6.639	25.851
19.50	10.900	8.223	37.620	241.930	6.431	25.268
19.75	10.900	6.213	28.766	174.004	6.049	24.823
20.00	10.900	4.191	20.716	112.109	5.412	25.670
20.25	10.900	2.110	16.125	79.170	4.910	18.299
20.50	10.900	0.000	13.018	65.473	5.030	13.672
20.75	10.900	0.000	4.190	23.123	5.518	7.500

1

SISTEMA FORAN MODULO HYDROS VERSION 50 RESULTADOS PAG. 020
----- FECHA - 11.07.29
CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

VALORES NUMERICOS DE BONJEAN.

FLOTACION CONSIDERADA.....CALADO POPA= 11.400 CALADO PROA= 11.400

SECCION	CALADO	MANGA	AREA	MOMENTO	VERTICAL	PERIME.
---------	--------	-------	------	---------	----------	---------



-	M	M	M2	S/BASE M3	C.G. M	M
-0.50	11.400	20.986	55.728	556.109	9.979	23.449
-0.25	11.400	21.000	59.586	589.214	9.888	23.800
0.00	11.400	21.000	63.759	624.200	9.790	24.168
0.25	11.400	21.000	68.287	661.201	9.683	24.558
0.50	11.400	21.000	73.489	702.167	9.555	24.996
0.75	11.400	21.000	83.837	760.672	9.073	34.871
1.00	11.400	21.000	97.099	828.887	8.537	36.811
1.50	11.400	21.000	119.221	939.272	7.878	35.416
2.00	11.400	21.000	139.938	1034.253	7.391	34.357
2.50	11.400	21.000	158.638	1114.540	7.026	34.020
3.00	11.400	21.000	174.847	1179.882	6.748	34.279
4.00	11.400	21.000	199.560	1269.124	6.360	35.743
5.00	11.400	21.000	216.489	1320.000	6.097	37.598
6.00	11.400	21.000	227.652	1347.075	5.917	39.371
7.00	11.400	21.000	233.730	1357.764	5.809	40.736
8.00	11.400	21.000	236.384	1360.585	5.756	41.589
9.00	11.400	21.000	237.205	1361.190	5.738	41.935
10.00	11.400	21.000	237.205	1361.190	5.738	41.935
11.00	11.400	21.000	236.986	1361.010	5.743	41.837
12.00	11.400	21.000	234.910	1358.919	5.785	41.077
13.00	11.400	21.000	229.121	1349.765	5.891	39.653
14.00	11.400	21.000	218.059	1322.764	6.066	37.836
15.00	11.400	21.000	200.959	1266.225	6.301	35.825
16.00	11.400	21.000	176.684	1163.239	6.584	33.822
17.00	11.400	20.541	144.158	993.376	6.891	32.216
17.50	11.400	19.704	125.625	882.300	7.023	31.454
18.00	11.400	18.272	105.853	754.891	7.132	30.581
18.50	11.400	16.060	85.074	612.847	7.204	29.442
19.00	11.400	12.942	63.162	453.472	7.180	27.953
19.25	11.400	11.120	52.392	371.884	7.098	27.239
19.50	11.400	9.193	41.990	290.628	6.921	26.665
19.75	11.400	7.195	32.130	211.499	6.583	26.228
20.00	11.400	5.139	23.056	138.201	5.994	27.049
20.25	11.400	3.025	17.414	93.549	5.372	19.654
20.50	11.400	0.844	13.207	67.602	5.119	14.850
20.75	11.400	0.000	4.190	23.123	5.518	7.500

1

SISTEMA FORAN MODULO HYDROS VERSION 50 RESULTADOS PAG. 021
----- FECHA - 11.07.29
CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

VALORES NUMERICOS DE BONJEAN.

FLOTACION CONSIDERADA.....CALADO POPA= 11.900 CALADO PROA= 11.900

SECCION	CALADO	MANGA	AREA	MOMENTO	VERTICAL	PERIME.
-	M	M	M2	S/BASE M3	C.G. M	M
-0.50	11.900	21.000	66.227	678.318	10.242	24.449
-0.25	11.900	21.000	70.086	711.434	10.151	24.800
0.00	11.900	21.000	74.259	746.420	10.052	25.168
0.25	11.900	21.000	78.787	783.421	9.944	25.558
0.50	11.900	21.000	83.989	824.387	9.815	25.996
0.75	11.900	21.000	94.337	882.892	9.359	35.871
1.00	11.900	21.000	107.599	951.106	8.839	37.811
1.50	11.900	21.000	129.721	1061.492	8.183	36.416
2.00	11.900	21.000	150.438	1156.473	7.687	35.357
2.50	11.900	21.000	169.138	1236.760	7.312	35.020
3.00	11.900	21.000	185.347	1302.102	7.025	35.279
4.00	11.900	21.000	210.060	1391.344	6.624	36.743
5.00	11.900	21.000	226.989	1442.220	6.354	38.598
6.00	11.900	21.000	238.152	1469.295	6.170	40.371
7.00	11.900	21.000	244.230	1479.984	6.060	41.736
8.00	11.900	21.000	246.884	1482.805	6.006	42.589
9.00	11.900	21.000	247.705	1483.410	5.989	42.935
10.00	11.900	21.000	247.705	1483.410	5.989	42.935
11.00	11.900	21.000	247.486	1483.230	5.993	42.837
12.00	11.900	21.000	245.410	1481.139	6.035	42.077
13.00	11.900	21.000	239.621	1471.985	6.143	40.653



14.00	11.900	21.000	228.559	1444.984	6.322	38.836
15.00	11.900	21.000	211.459	1388.445	6.566	36.825
16.00	11.900	21.000	187.184	1285.458	6.867	34.822
17.00	11.900	20.646	154.455	1113.231	7.207	33.221
17.50	11.900	19.892	135.525	997.531	7.361	32.472
18.00	11.900	18.559	115.061	862.075	7.492	31.622
18.50	11.900	16.465	93.205	707.507	7.591	30.521
19.00	11.900	13.501	69.773	530.435	7.602	29.099
19.25	11.900	11.738	58.107	438.415	7.545	28.415
19.50	11.900	9.866	46.754	346.104	7.403	27.871
19.75	11.900	7.920	35.908	255.500	7.115	27.463
20.00	11.900	5.907	25.817	170.362	6.599	28.310
20.25	11.900	3.828	19.128	113.508	5.934	20.937
20.50	11.900	1.679	13.836	74.944	5.416	16.153
20.75	11.900	0.000	4.190	23.123	5.518	7.500

1

SISTEMA FORAN MODULO HYDROS VERSION 50 RESULTADOS PAG. 022
 ----- FECHA - 11.07.29
 CLIENTE - ETSIN FNAME
 DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

CARACTERISTICAS HIDROSTATICAS PARA EL CALADO DE PROYECTO

 ESLORA ENTRE PERPENDICULARES LPP = 116.000 M
 CALADO DE PROYECTO T = 7.400 M
 MANGA DE TRAZADO B = 21.000 M
 DESPLAZAMIENTO CON APENDICES DISFA = 12749. TM
 VOLUMEN DE TRAZADO (sin apendices) DISV = 12394. M3
 COEFICIENTE DE BLOQUE PARA EL CALADO T CB = 0.688 -
 ABSCISA DEL CENTRO DE CARENA PARA EL CALADO T XCBA = 57.529 M
 COEFICIENTE DE AREA DEL BULBO EN LA SECCION 20 ABT = 10.30 %
 COEFICIENTE DE AREA DE LA SECCION MAXIMA AX = 0.987 -
 ABSCISA DE LA SECCION MAXIMA XAX = 58.000 M
 CALADO DESDE EL FONDO EN LA SECCION MAXIMA TAX = 7.390 M
 ALTURA DEL C. DE G. DE LA CURVA DE AREAS HAC = 41.81 %

- NOTA.- ABSCISAS REFERIDAS A PERPENDICULAR DE POPA (POSITIVO A PROA)
- NOTA.- COEFICIENTE DE BLOQUE CALCULADO CON EL CALADO MEDIO DE TRAZADO

1

SISTEMA FORAN MODULO HYDROS VERSION 50 RESULTADOS PAG. 023
 ----- FECHA - 11.07.29
 CLIENTE - ETSIN FNAME
 DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

CARACTERISTICAS HIDROSTATICAS

PPOPA	PPOA	DESPLA.	VOLUMEN	L.C.B	L.C.B	COEFIC	COEFI.
PP	PP	CON	TRAZADO	CON	SIN	PRISMA	BLOQUE
CALADO	CALADO	APEND.	BUQUE	APEND.	APEND.	TOTAL	TOTAL
(TA)	(TF)	(DISFA)	(DISV)	(XCBA)*	(XCB)*	(CP)	(CB)
M	M	TM	M3	M	M	-	-



2.900	2.900	4331.	4201.	57.267	57.267	0.6169	0.5967
3.400	3.400	5193.	5040.	57.413	57.413	0.6278	0.6103
3.900	3.900	6074.	5897.	57.553	57.553	0.6378	0.6223
4.400	4.400	6971.	6770.	57.669	57.669	0.6470	0.6331
4.900	4.900	7885.	7660.	57.756	57.756	0.6557	0.6430
5.400	5.400	8816.	8566.	57.809	57.809	0.6640	0.6524
5.900	5.900	9764.	9488.	57.812	57.812	0.6721	0.6613
6.400	6.400	10734.	10432.	57.775	57.775	0.6802	0.6702
6.900	6.900	11728.	11400.	57.685	57.685	0.6886	0.6792
7.400	7.400	12749.	12394.	57.529	57.529	0.6974	0.6885
7.400	7.400	12749.	12394.	57.529	57.529	0.6974	0.6885
7.900	7.900	13807.	13423.	57.298	57.298	0.7068	0.6984
8.400	8.400	14909.	14495.	56.997	56.997	0.7173	0.7092
8.900	8.900	16055.	15610.	56.651	56.651	0.7286	0.7208
9.400	9.400	17231.	16755.	56.325	56.325	0.7399	0.7325
9.900	9.900	18430.	17922.	56.051	56.051	0.7511	0.7439
10.400	10.400	19648.	19108.	55.837	55.837	0.7619	0.7549
10.900	10.900	20880.	20307.	55.675	55.675	0.7722	0.7655
11.400	11.400	22123.	21518.	55.552	55.552	0.7820	0.7755
11.900	11.900	23376.	22737.	55.466	55.466	0.7913	0.7850

- NOTA.- SIMBOLO () * DENOTA REFERIDO A PERPENDICULAR DE POPA (+ A PROA)

1

SISTEMA FORAN MODULO HYDROS VERSION 50 RESULTADOS PAG. 024
FECHA - 11.07.29
CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

CARACTERISTICAS HIDROSTATICAS

PPOPA PP CALADO (TA) M	PPROA PP CALADO (TF) M	AREA SECCION MAXIMA (AX) M2	COEFI. SECC. MAXIMA (CX) -	AREA LINEA AGUA (AW) M2	COEFI. LINEA AGUA (CW) -	C.DE G. LINEA AGUA (XCF) * M	C.DE B. SOBRE LINEA/B (KB) M
2.900	2.900	58.70	0.9673	1659.46	0.6812	58.070	1.539
3.400	3.400	69.20	0.9721	1696.40	0.6964	58.278	1.806
3.900	3.900	79.70	0.9757	1729.93	0.7102	58.396	2.072
4.400	4.400	90.20	0.9785	1761.92	0.7233	58.405	2.339
4.900	4.900	100.70	0.9807	1793.80	0.7364	58.309	2.606
5.400	5.400	111.20	0.9825	1829.02	0.7508	58.066	2.874
5.900	5.900	121.70	0.9839	1867.37	0.7666	57.676	3.143
6.400	6.400	132.20	0.9852	1912.01	0.7849	57.077	3.415
6.900	6.900	142.70	0.9863	1960.97	0.8050	56.316	3.688
7.400	7.400	153.20	0.9872	2017.98	0.8284	55.105	3.965
7.400	7.400	153.20	0.9872	2017.98	0.8284	55.105	3.965
7.900	7.900	163.70	0.9880	2101.10	0.8625	53.856	4.247
8.400	8.400	174.20	0.9887	2191.69	0.8997	52.571	4.536
8.900	8.900	184.70	0.9894	2264.87	0.9297	51.928	4.829
9.400	9.400	195.20	0.9899	2313.71	0.9498	51.989	5.124
9.900	9.900	205.70	0.9904	2354.01	0.9663	52.376	5.417
10.400	10.400	216.20	0.9909	2386.33	0.9796	52.852	5.710
10.900	10.900	226.70	0.9913	2410.71	0.9896	53.295	6.002
11.400	11.400	237.20	0.9917	2427.63	0.9966	53.651	6.291
11.900	11.900	247.70	0.9920	2437.71	1.0007	53.886	6.577

- NOTA.- SIMBOLO () * DENOTA REFERIDO A PERPENDICULAR DE POPA (+ A PROA)

1

SISTEMA FORAN MODULO HYDROS VERSION 50 RESULTADOS PAG. 025
FECHA - 11.07.29
CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

CARACTERISTICAS HIDROSTATICAS

PPOPA PP CALADO (TA) M	PPROA PP CALADO (TF) M	RADIO METACE. TRANSV. (ZBM) M	LONGIT. RADIO METAC. (ZBML) M	MOMENTO TRIM. 1 CM (MTC) MTM	AREA SUPERF. MOJADA (S) M2	TONS POR CM (TCI) TM/CM
------------------------------------	------------------------------------	---	---	--	--	-------------------------------------



2.900	2.900	10.856	258.35	96.5	2037.9	17.05
3.400	3.400	9.447	224.64	100.6	2167.5	17.43
3.900	3.900	8.389	199.51	104.5	2295.8	17.77
4.400	4.400	7.568	180.27	108.3	2423.5	18.10
4.900	4.900	6.920	165.31	112.4	2551.6	18.43
5.400	5.400	6.399	154.44	117.4	2681.9	18.79
5.900	5.900	5.980	146.10	123.0	2816.8	19.18
6.400	6.400	5.649	140.38	129.9	2958.5	19.64
6.900	6.900	5.390	136.18	137.7	3101.0	20.14
7.400	7.400	5.195	133.76	147.0	3263.9	20.73
7.400	7.400	5.195	133.76	147.0	3263.9	20.73
7.900	7.900	5.061	137.92	164.2	3439.1	21.58
8.400	8.400	4.957	143.54	184.5	3621.9	22.51
8.900	8.900	4.857	145.60	201.5	3789.5	23.26
9.400	9.400	4.710	143.52	213.2	3936.2	23.76
9.900	9.900	4.540	140.53	223.3	4079.6	24.18
10.400	10.400	4.357	136.77	231.7	4219.1	24.51
10.900	10.900	4.165	132.34	238.2	4354.1	24.76
11.400	11.400	3.969	127.35	242.9	4485.6	24.93
11.900	11.900	3.774	122.00	245.8	4614.0	25.03

- NOTA.- EN LA SUPERFICIE MOJADA NO SE HA TENIDO EN CUENTA LOS APENDICES.

1

SISTEMA FORAN	MODULO HYDROS VERSION 50	RESULTADOS	PAG. 026
-----			FECHA - 11.07.29
CLIENTE	- ETSIN		FNAM
DESCRIPCION DEL BUQUE	- PORTA-CONTENEDORES 650 TEU		tes2

PROCESO COMPLETADO

HORA - 07.37.41
=====

FORMAS DEFINIDAS CON EL MODULO FORMT

F. DATOS : F. RESULTADOS:okbonjea.lis F. DIBUJO :okbonjea.d



ANEXO II

CURVAS HIDROSTÁTICAS



1

FECHA - 11.07.28

HORA - 16.16.18

S I S T E M A F O R A N
=====

MODULO HYDROS VERSION 50

CALCULOS HIDROSTATICOS

CLIENTE - ETSIN FNAM
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2
1
SISTEMA FORAN MODULO HYDROS VERSION 50 DATOS PAG. 001

CLIENTE - ETSIN FNAM
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2
FECHA - 11.07.28

OPCIONES SELECCIONADAS

Densidad del agua del mar: 1.026 T/M3.
Espesor medio del forro : 10 MM.
No se han definido timones en el modulo HYDROS
No se han definido helices en el modulo HYDROS.

No se ha seleccionado salida de valores numericos de Bonjean
Coeficiente de bloque calculado con el calado medio de trazado

Espesor plancha de quilla : 10 MM.



Calculos para calados paralelos igualmente espaciados:

- Altura en popa del calado inferior : 0.500 M.
- Altura en popa del calado superior : 15.000 M.
- Separacion entre calados: 0.500 M.
- Trimado de calados paralelos: -0.000 M.

Salida de hidrostáticas en metros cúbicos.

Calculos hidrostáticos para calados adicionales :

N	Calado en P. popa (M.)	Calado en P. proa (M.)
1	7.400	7.400

1 SISTEMA FORAN MODULO HYDROS VERSION 50 RESULTADOS PAG. 002
FECHA - 11.07.28
CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

CARACTERISTICAS HIDROSTATICAS PARA EL CALADO DE PROYECTO

ESLORA ENTRE PERPENDICULARES	LPP =	116.000 M
CALADO DE PROYECTO	T =	7.400 M
MANGA DE TRAZADO	B =	21.000 M
DISPLAZAMIENTO CON APENDICES	DISFA =	12749. TM
VOLUMEN DE TRAZADO (sin apendices)	DISV =	12394. M3
COEFICIENTE DE BLOQUE PARA EL CALADO T	CB =	0.688 -
ABSCISA DEL CENTRO DE CARENA PARA EL CALADO T	XCBA =	57.529 M
COEFICIENTE DE AREA DEL BULBO EN LA SECCION 20	ABT =	10.30 %
COEFICIENTE DE AREA DE LA SECCION MAXIMA	AX =	0.987 -
ABSCISA DE LA SECCION MAXIMA	XAX =	58.000 M
CALADO DESDE EL FONDO EN LA SECCION MAXIMA	TAX =	7.390 M
ALTURA DEL C. DE G. DE LA CURVA DE AREAS	HAC =	41.81 %

- NOTA.- ABSCISAS REFERIDAS A PERPENDICULAR DE POPA (POSITIVO A PROA)
- NOTA.- COEFICIENTE DE BLOQUE CALCULADO CON EL CALADO MEDIO DE TRAZADO

1 SISTEMA FORAN MODULO HYDROS VERSION 50 RESULTADOS PAG. 003
FECHA - 11.07.28
CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

CARACTERISTICAS HIDROSTATICAS

PPOPA	PPROA	DESPLA.	VOLUMEN	L.C.B	L.C.B	COEFIC	COEFI.
PP	PP	CON	TRAZADO	CON	SIN	PRISMA	BLOQUE
CALADO	CALADO	APEND.	BUQUE	APEND.	APEND.	TOTAL	TOTAL
(TA)	(TF)	(DISFA)	(DISV)	(XCBA)*	(XCB)*	(CP)	(CB)
M	M	TM	M3	M	M	-	-
0.500	0.500	593.	564.	56.442	56.442	0.5328	0.4728
1.000	1.000	1286.	1239.	56.596	56.596	0.5593	0.5136



1.500	1.500	2038.	1970.	56.775	56.775	0.5784	0.5428
2.000	2.000	2832.	2742.	56.956	56.956	0.5938	0.5656
2.500	2.500	3655.	3543.	57.133	57.133	0.6072	0.5842
3.000	3.000	4502.	4367.	57.300	57.300	0.6192	0.5996
3.500	3.500	5368.	5210.	57.443	57.443	0.6298	0.6128
4.000	4.000	6252.	6070.	57.578	57.578	0.6397	0.6245
4.500	4.500	7153.	6947.	57.688	57.688	0.6488	0.6351
5.000	5.000	8070.	7839.	57.769	57.769	0.6574	0.6449
5.500	5.500	9004.	8749.	57.815	57.815	0.6656	0.6542
6.000	6.000	9956.	9675.	57.809	57.809	0.6737	0.6631
6.500	6.500	10930.	10624.	57.761	57.761	0.6819	0.6720
7.000	7.000	11929.	11595.	57.665	57.665	0.6903	0.6809
7.400	7.400	12749.	12394.	57.529	57.529	0.6974	0.6885
7.500	7.500	12957.	12596.	57.489	57.489	0.6992	0.6904
8.000	8.000	14024.	13634.	57.243	57.243	0.7089	0.7005
8.500	8.500	15135.	14715.	56.928	56.928	0.7195	0.7115
9.000	9.000	16288.	15837.	56.582	56.582	0.7308	0.7232
9.500	9.500	17469.	16987.	56.266	56.266	0.7422	0.7348
10.000	10.000	18672.	18158.	56.004	56.004	0.7533	0.7462
10.500	10.500	19893.	19347.	55.801	55.801	0.7640	0.7571
11.000	11.000	21128.	20549.	55.647	55.647	0.7742	0.7676
11.500	11.500	22373.	21761.	55.532	55.532	0.7839	0.7775
12.000	12.000	23626.	22981.	55.450	55.450	0.7931	0.7868
12.500	12.500	24211.	23526.	55.496	55.496	0.7791	0.7732
13.000	13.000	24272.	23586.	55.640	55.640	0.7508	0.7454
13.500	13.500	24339.	23651.	55.798	55.798	0.7248	0.7197
14.000	14.000	24412.	23722.	55.969	55.969	0.7008	0.6961
14.500	14.500	24488.	23795.	56.144	56.144	0.6786	0.6741
15.000	15.000	24570.	23875.	56.335	56.335	0.6580	0.6538

- NOTA.- SIMBOLO () * DENOTA REFERIDO A PERPENDICULAR DE POPA (+ A PROA)

1

SISTEMA FORAN MODULO HYDROS VERSION 50 RESULTADOS PAG. 004

FECHA - 11.07.28
CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

CARACTERISTICAS HIDROSTATICAS

PPOPA	PPROA	AREA	COEFI.	AREA	COEFI.	C.DE G.	C.DE B.
PP	PP	SECCION	SECC.	LINEA	LINEA	LINEA	SOBRE
CALADO	CALADO	MAXIMA	MAXIMA	AGUA	AGUA	AGUA	LINEA/B
(TA)	(TF)	(AX)	(CX)	(AW)	(CW)	(XCF) *	(KB)
M	M	M2	-	M2	-	M	M
0.500	0.500	9.13	0.9580	1272.58	0.5224	56.563	0.255
1.000	1.000	19.09	0.9501	1413.10	0.5801	56.909	0.522
1.500	1.500	29.37	0.9494	1506.75	0.6185	57.248	0.789
2.000	2.000	39.81	0.9538	1575.20	0.6466	57.572	1.057
2.500	2.500	50.30	0.9620	1626.21	0.6676	57.865	1.325
3.000	3.000	60.80	0.9684	1667.13	0.6844	58.112	1.592
3.500	3.500	71.30	0.9729	1703.35	0.6992	58.310	1.859
4.000	4.000	81.80	0.9763	1736.40	0.7128	58.402	2.126
4.500	4.500	92.30	0.9789	1768.24	0.7259	58.394	2.393
5.000	5.000	102.80	0.9811	1800.35	0.7391	58.268	2.660
5.500	5.500	113.30	0.9828	1836.30	0.7538	57.998	2.928
6.000	6.000	123.80	0.9842	1875.75	0.7700	57.573	3.197
6.500	6.500	134.30	0.9854	1921.64	0.7889	56.936	3.469
7.000	7.000	144.80	0.9865	1972.53	0.8097	56.100	3.743
7.400	7.400	153.20	0.9872	2017.98	0.8284	55.105	3.965
7.500	7.500	155.30	0.9874	2033.21	0.8347	54.866	4.021
8.000	8.000	165.80	0.9882	2119.12	0.8699	53.590	4.304
8.500	8.500	176.30	0.9889	2208.79	0.9067	52.386	4.594
9.000	9.000	186.80	0.9895	2275.95	0.9343	51.897	4.888
9.500	9.500	197.30	0.9900	2322.38	0.9534	52.051	5.183
10.000	10.000	207.80	0.9905	2361.07	0.9692	52.469	5.476
10.500	10.500	218.30	0.9910	2391.84	0.9819	52.946	5.769
11.000	11.000	228.80	0.9914	2414.76	0.9913	53.376	6.060
11.500	11.500	239.30	0.9918	2429.58	0.9974	53.695	6.348
12.000	12.000	249.80	0.9921	2440.11	1.0017	53.945	6.634
12.500	12.500	260.30	0.9924	114.01	0.0468	112.255	6.761
13.000	13.000	270.80	0.9927	123.12	0.0505	112.463	6.776
13.500	13.500	281.30	0.9930	132.65	0.0545	112.669	6.793



14.000	14.000	291.80	0.9932	142.68	0.0586	112.878	6.813
14.500	14.500	302.30	0.9935	154.16	0.0633	113.147	6.836
15.000	15.000	312.80	0.9937	164.84	0.0677	113.334	6.863

- NOTA.- SIMBOLO () * DENOTA REFERIDO A PERPENDICULAR DE POPA (+ A PROA)

1

SISTEMA FORAN MODULO HYDROS VERSION 50 RESULTADOS PAG. 005

CLIENTE - ETSIN FECHA - 11.07.28
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU FNAME
tes2

CARACTERISTICAS HIDROSTATICAS

PPOPA	PPROA	RADIO	LONGIT.	MOMENTO	AREA	TONS
PP	PP	METACE.	RADIO	TRIM.	SUPERF.	POR
CALADO	CALADO	TRANSV.	METAC.	1 CM	MOJADA	CM
(TA)	(TF)	(ZBM)	(ZBML)	(MTC)	(S)	(TCI)
M	M	M	M	MTM	M2	TM/CM
0.500	0.500	47.139	1184.47	60.5	1320.7	13.08
1.000	1.000	26.664	652.23	72.3	1506.9	14.52
1.500	1.500	19.130	460.34	80.9	1660.1	15.48
2.000	2.000	15.029	358.87	87.6	1800.0	16.19
2.500	2.500	12.373	294.85	92.9	1933.4	16.71
3.000	3.000	10.537	250.65	97.3	2063.9	17.13
3.500	3.500	9.212	219.04	101.4	2193.2	17.50
4.000	4.000	8.207	195.26	105.2	2321.3	17.84
4.500	4.500	7.426	176.97	109.1	2449.1	18.17
5.000	5.000	6.806	162.77	113.2	2577.4	18.50
5.500	5.500	6.308	152.54	118.4	2708.4	18.86
6.000	6.000	5.907	144.75	124.2	2844.5	19.27
6.500	6.500	5.592	139.47	131.4	2987.8	19.74
7.000	7.000	5.347	135.80	139.6	3130.2	20.26
7.400	7.400	5.195	133.76	147.0	3263.9	20.73
7.500	7.500	5.163	134.30	150.0	3298.2	20.88
8.000	8.000	5.039	139.04	168.1	3475.4	21.77
8.500	8.500	4.938	144.45	188.5	3657.8	22.69
9.000	9.000	4.832	145.38	204.1	3819.8	23.38
9.500	9.500	4.677	142.99	215.3	3965.2	23.85
10.000	10.000	4.504	139.83	225.1	4107.8	24.25
10.500	10.500	4.319	135.94	233.1	4246.4	24.56
11.000	11.000	4.126	131.39	239.3	4380.7	24.80
11.500	11.500	3.929	126.23	243.4	4511.2	24.95
12.000	12.000	3.737	121.07	246.6	4640.1	25.06
12.500	12.500	0.060	0.05	0.1	7087.0	1.19
13.000	13.000	0.068	0.05	0.1	7105.3	1.29
13.500	13.500	0.078	0.06	0.1	7127.0	1.38
14.000	14.000	0.088	0.07	0.2	7147.5	1.49
14.500	14.500	0.100	0.08	0.2	7165.7	1.61
15.000	15.000	0.114	0.10	0.2	7185.0	1.72

- NOTA.- EN LA SUPERFICIE MOJADA NO SE HA TENIDO EN CUENTA LOS APENDICES.

1

SISTEMA FORAN MODULO HYDROS VERSION 50 RESULTADOS PAG. 006

CLIENTE - ETSIN FECHA - 11.07.28
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU FNAME
tes2



P R O C E S O C O M P L E T A D O

HORA - 16.28.28
=====

FORMAS DEFINIDAS CON EL MODULO FORMT

F. DATOS : F. RESULTADOS:okhidros.lis F. DIBUJO :



ANEXO III

CARENAS INCLINADAS



1

FECHA - 11.07.28

HORA - 16.28.33

S I S T E M A F O R A N
=====

MODULO HYDROS VERSION 50

CARENAS INCLINADAS

CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2
1 SISTEMA FORAN MODULO HYDROS VERSION 50 RESULTADOS PAG. 001
----- FECHA - 11.07.28
CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

OPCIONES SELECCIONADAS

Calculos por defecto
Se desea linea de inmersión de cubierta
Numero de identificación de cubierta : 1
Desplazamientos standard
Angulos de escora (grados) : 10.0 20.0 30.0 40.0 60.0 80.0
Trimados (metros) : 0.00
Peso específico del agua de mar : 1.026 T/M
Abscisas referidas a perpendicular de popa (positivo a proa)

1



SISTEMA FORAN MODULO HYDROS VERSION 50

RESULTADOS

PAG. 002

FECHA - 11.07.28

CLIENTE - ETSIN

FNAME

DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU

tes2

CARENAS INCLINADAS

ASIENTO = 0.00 METROS
ANGULO DE ESCORA = 10.0 GRADOS

CALADO DESPLAZ.		CENTRO DE CARENA			
EN LA	CON	LONGIT.	TRANSV.	S/BASE	BRAZO
SECCION	APEND.				
MAESTRA	DISPL	LCBA	TCB	KB	KN
M	TDA	M	M	M	M
1.713	2500.0	56.864	2.758	1.183	2.922
3.242	5000.0	57.381	1.691	1.896	1.994
4.652	7500.0	57.700	1.256	2.605	1.689
5.977	10000.0	57.720	1.042	3.302	1.599
7.224	12500.0	57.410	0.926	3.979	1.603
8.377	15000.0	56.800	0.868	4.635	1.660
9.469	17500.0	56.227	0.814	5.266	1.716
10.513	20000.0	55.833	0.730	5.861	1.736
11.789	22500.0	55.636	0.457	6.408	1.563

ASIENTO = 0.00 METROS
ANGULO DE ESCORA = 20.0 GRADOS

CALADO DESPLAZ.		CENTRO DE CARENA			
EN LA	CON	LONGIT.	TRANSV.	S/BASE	BRAZO
SECCION	APEND.				
MAESTRA	DISPL	LCBA	TCB	KB	KN
M	TDA	M	M	M	M
1.369	2500.0	56.672	4.658	1.684	4.956
3.083	5000.0	57.290	3.311	2.330	3.908
4.533	7500.0	57.507	2.576	2.961	3.434
5.852	10000.0	57.354	2.164	3.607	3.267
7.075	12500.0	56.928	1.930	4.252	3.268
8.240	15000.0	56.490	1.763	4.879	3.325
9.435	17500.0	56.171	1.532	5.451	3.304
10.828	20000.0	55.995	1.145	5.960	3.115
12.635	22500.0	55.990	0.594	6.439	2.760

1

SISTEMA FORAN MODULO HYDROS VERSION 50

RESULTADOS

PAG. 003

FECHA - 11.07.28

CLIENTE - ETSIN

FNAME

DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU

tes2

CARENAS INCLINADAS

ASIENTO = 0.00 METROS
ANGULO DE ESCORA = 30.0 GRADOS

CALADO DESPLAZ.		CENTRO DE CARENA			
EN LA	CON	LONGIT.	TRANSV.	S/BASE	BRAZO
SECCION	APEND.				
MAESTRA	DISPL	LCBA	TCB	KB	KN
M	TDA	M	M	M	M
0.601	2500.0	56.236	5.853	2.235	6.186
2.634	5000.0	56.872	4.615	2.933	5.463
4.220	7500.0	56.935	3.877	3.572	5.144
5.569	10000.0	56.658	3.395	4.185	5.033
6.845	12500.0	56.425	2.983	4.747	4.957
8.210	15000.0	56.283	2.505	5.216	4.777
9.739	17500.0	56.219	1.954	5.642	4.513
11.523	20000.0	56.254	1.354	6.057	4.201



13.806 22500.0 56.324 0.678 6.476 3.825

ASIENTO = 0.00 METROS
ANGULO DE ESCORA = 40.0 GRADOS

CALADO DESPLAZ.		CENTRO DE CARENA			
EN LA	CON	LONGIT.	TRANSV.	S/BASE	BRAZO
SECCION	APEND.				
MAESTRA	DISPL	LCBA	TCB	KB	KN
M	TDA	M	M	M	M
-0.650	2500.0	55.724	6.744	2.860	7.005
1.718	5000.0	56.020	5.685	3.684	6.723
3.479	7500.0	55.927	5.024	4.368	6.657
5.092	10000.0	56.017	4.396	4.882	6.505
6.748	12500.0	56.158	3.688	5.239	6.193
8.496	15000.0	56.281	2.977	5.544	5.844
10.404	17500.0	56.405	2.244	5.844	5.475
12.610	20000.0	56.516	1.502	6.158	5.109
15.455	22500.0	56.534	0.728	6.511	4.743

1

SISTEMA FORAN MODULO HYDROS VERSION 50 RESULTADOS PAG. 004

CLIENTE - ETSIN FECHA - 11.07.28 FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

CARENAS INCLINADAS

ASIENTO = 0.00 METROS
ANGULO DE ESCORA = 60.0 GRADOS

CALADO DESPLAZ.		CENTRO DE CARENA			
EN LA	CON	LONGIT.	TRANSV.	S/BASE	BRAZO
SECCION	APEND.				
MAESTRA	DISPL	LCBA	TCB	KB	KN
M	TDA	M	M	M	M
-6.514	2500.0	54.460	8.136	4.534	7.995
-2.742	5000.0	53.987	7.230	5.472	8.354
0.597	7500.0	54.580	6.228	5.741	8.086
3.682	10000.0	55.444	5.258	5.859	7.704
6.753	12500.0	56.148	4.330	5.982	7.346
9.966	15000.0	56.611	3.476	6.120	7.038
13.421	17500.0	56.839	2.602	6.256	6.718
17.221	20000.0	56.889	1.709	6.400	6.397
21.871	22500.0	56.724	0.793	6.589	6.103

ASIENTO = 0.00 METROS
ANGULO DE ESCORA = 80.0 GRADOS

CALADO DESPLAZ.		CENTRO DE CARENA			
EN LA	CON	LONGIT.	TRANSV.	S/BASE	BRAZO
SECCION	APEND.				
MAESTRA	DISPL	LCBA	TCB	KB	KN
M	TDA	M	M	M	M
-36.458	2500.0	52.758	8.902	6.580	8.026
-23.825	5000.0	53.431	7.697	6.696	7.931
-12.530	7500.0	54.303	6.582	6.677	7.718
-2.287	10000.0	55.267	5.544	6.622	7.485
7.230	12500.0	56.344	4.548	6.570	7.260
17.081	15000.0	56.979	3.649	6.571	7.105
27.847	17500.0	57.139	2.734	6.607	6.981
39.726	20000.0	57.031	1.803	6.654	6.866
53.170	22500.0	56.758	0.838	6.720	6.763

1

SISTEMA FORAN MODULO HYDROS VERSION 50 RESULTADOS PAG. 005

CLIENTE - ETSIN FECHA - 11.07.28 FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2



LINEA DE INMERSION DE CUBIERTA N. 1

ANGULOS DE ESCORA (GR.)	DESPLAZAMIENTOS (T.)
10.0	19603.7
20.0	15300.5
30.0	11117.1
40.0	7365.1
60.0	2816.0
80.0	1230.6

1

SISTEMA FORAN MODULO HYDROS VERSION 50

RESULTADOS

PAG. 006

FECHA - 11.07.28

CLIENTE - ETSIN

FNAME

DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU

tes2

P R O C E S O C O M P L E T A D O

HORA - 16.29.03

=====

FORMAS DEFINIDAS CON EL MODULO FORMT

F. DATOS :

F. RESULTADOS:okcarinc.lis F. DIBUJO :okcarin.d



ANEXO IV

CAPACIDADES Y CENTROS DE GRAVEDAD DE ESPACIOS

1

FECHA - 11.07.28

HORA - 16.40.19

S I S T E M A F O R A N
=====

MODULO VOLUME VERSION 50

DEFINICION DE ESPACIOS CAPACIDADES

1

SISTEMA FORAN	MODULO VOLUME	VERSION 50	RESULTADOS	PAG. 007
-----			FECHA -	11.07.28
CLIENTE	- ETSIN			FNAM
DESCRIPCION DEL BUQUE	- PORTA-CONTENEDORES	650 TEU		tes2

CAPACIDADES INDIVIDUALES

IDSP DESCRIPCION DEL ESPACIO		VOLUMEN TRAZADO M3	VOLUMEN NETO M3	ALTURA C.DE G. S/B M	TRANSV. C.DE G. M	DISTANC. C.DE G. P.POPA M
1111	TUNEL DF 36-156 C	270.8	265.3	0.653	0.000	65.787
8A01	C. PPAL SUPEREST.	464.5	455.2	13.600	0.000	10.410



8A02	C. TOLDILLA SUPEREST.	422.5	414.1	16.400	0.000	9.910
8A03	C. MARINERIA SUPEREST.	385.9	378.2	19.200	0.000	9.910
8A04	C. OFIC.1 SUPEREST.	385.9	378.2	22.000	0.000	9.910
8A05	C. OFIC.2 SUPEREST.	273.1	267.7	24.800	0.000	11.380
8A06	C. PUENTE MANDO SUPEREST	207.1	203.0	27.600	0.000	11.380
8A07	GUARDACALOR	157.5	154.4	20.950	0.000	3.380
8A08	SERVOMOTOR	715.9	701.6	10.722	0.000	1.566
8B01	CAMARA DE MAQUINAS	2875.6	2818.1	7.702	0.000	16.402
8C01	BODEGA 1 36-72	4916.0	4817.7	6.777	0.000	36.778
8D01	BODEGA 2 75-114	4944.2	4845.3	6.750	0.000	64.020
8E01	BODEGA 3 114-150	4306.9	4220.8	7.157	0.000	90.394
8F01	CAJA CADENAS E	14.2	13.9	11.850	-2.260	109.409
8F02	CAJA CADENAS B	14.2	13.9	11.850	2.260	109.409
8F03	MAQUINARIA HELICE PROA	39.3	38.5	9.423	0.000	111.385
8F04	CASTILLO	379.7	372.2	13.696	0.000	112.767
9A01	LASTRE P.PP-12 E	164.4	161.1	7.751	-3.322	3.260
9A02	LASTRE P.PP-12 B	164.4	161.1	7.751	3.322	3.260
9A03	AGUA DULCE SANITARIA	59.3	58.1	10.719	-8.243	5.073
9A04	AGUA DULCE INDUSTRIAL	59.3	58.1	10.719	8.243	5.073
9A05	AGUA ALIMENTAC. CALDERAS	16.1	15.8	10.773	9.051	1.774
9A06	HIDROFORO AGUA FRIA	0.6	0.6	9.512	-4.849	1.380
9A07	HIDROFORO AGUA CALIENTE	0.6	0.6	9.512	-5.550	3.309
9A08	ACEITE DE BOCINA	2.0	2.0	8.200	0.000	6.820
9B01	ALMACEN ACEITE CAMISAS 1	19.4	19.0	9.743	-8.690	13.474
9B02	ALMACEN ACEITE CAMISAS 2	20.3	19.9	9.617	-8.683	14.874
9B03	SERVICIO DIARIO DO	13.7	13.4	7.397	-7.889	17.083
9B04	SEDIMENTACION DO	14.2	14.0	7.188	-8.019	18.659
9B05	SERVICIO DIARIO FO	53.1	52.0	7.078	-8.573	21.831
9B06	REBOSOS FO	12.3	12.0	0.701	-3.119	22.414
9B07	SERVICIO ACEITE MOTOR	18.8	18.4	1.050	0.080	18.045
9B08	EXPANSION	1.0	1.0	0.771	1.336	10.260
9B09	DESAIREACION	1.1	1.1	0.716	1.359	11.765
9B10	ACEITE SUCIO	3.1	3.1	0.686	2.653	19.736
9B11	LODOS	15.2	14.9	0.762	3.512	22.152
9B12	ALMACEN ACEITE MOTOR N1	5.5	5.4	10.712	-9.299	7.810
9B13	ALMACEN ACEITE MOTOR N2	5.5	5.4	10.708	-9.303	8.810
9B14	ALMACEN DO	31.5	30.8	10.800	-8.895	17.520
9B15	SEDIMENTACION FO N1	27.0	26.5	10.800	-8.125	20.685
9B16	SEDIMENTACION FO N2	26.9	26.3	10.800	-8.125	22.910
9B17	SERVICIO ACEITE CAMISAS	1.5	1.5	9.950	-4.520	15.030
9B18	AGUAS ACEITOSAS	8.3	8.2	0.655	0.000	9.534
9C01	DF 36-54 E	90.9	89.1	0.705	-4.154	30.978
9C02	DF 36-54 B	90.9	89.1	0.705	4.154	30.978
9C03	DF 54-75 E	151.9	148.9	0.678	-5.263	44.316
9C04	DF 54-75 B	151.9	148.9	0.678	5.263	44.316
9C05	LAT 36-54 E	316.8	310.5	4.968	-7.976	30.048
9C06	LAT 36-54 B	316.8	310.5	4.968	7.976	30.048
9C07	LAT 54-75 E	248.2	243.2	4.465	-9.092	43.820
9C08	LAT 54-75 B	248.2	243.2	4.465	9.092	43.820
9C09	COFF 72-75 E	206.0	201.9	6.750	-4.500	50.370
9C10	COFF 72-75 B	206.0	201.9	6.750	4.500	50.370
9D01	DF 75-93 E	139.6	136.8	0.668	-5.522	57.715
9D02	DF 75-93 B	139.6	136.8	0.668	5.522	57.715
9D03	DF 93-114 E	143.9	141.0	0.679	-5.072	70.980
9D04	DF 93-114 B	143.9	141.0	0.679	5.072	70.980
9D05	LAT 75-93 E	148.5	145.5	5.270	-9.746	57.718
9D06	LAT 75-93 B	148.5	145.5	5.270	9.746	57.718
9D07	LAT 93-114 E	316.8	310.5	4.362	-8.730	71.440
9D08	LAT 93-114 B	316.8	310.5	4.362	8.730	71.440
9D09	COFF 111-114 E	205.8	201.7	6.755	-4.496	77.670
9D10	COFF 111-114 B	205.8	201.7	6.755	4.496	77.670
9E01	DF 114-132 E	73.7	72.2	0.713	-3.665	84.255
9E02	DF 114-132 B	73.7	72.2	0.713	3.665	84.255
9E03	DF 132-156 E	27.3	26.8	0.805	-2.264	96.592
9E04	DF 132-156 B	27.3	26.8	0.805	2.264	96.592
9E05	LAT 114-132 E	412.5	404.3	5.581	-7.267	85.117
9E06	LAT 114-132 B	412.5	404.3	5.581	7.267	85.117
9E07	LAT 132-156 E	401.3	393.3	5.470	-4.322	97.489
9E08	LAT 132-156 B	401.3	393.3	5.470	4.322	97.489
9E09	COFF 150-156 E	207.3	203.2	8.015	-2.863	105.796
9E10	COFF 150-156 B	207.3	203.2	8.015	2.863	105.796
9F01	PIQUE DE PROA	499.1	489.1	7.330	0.000	112.273

1

SISTEMA FORAN MODULO VOLUME VERSION 50

RESULTADOS

PAG. 009



CLIENTE - ETSIN
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU
FECHA - 11.07.28
FNAME
tes2

ESPACIOS CON CONTENIDO LIQUIDO

IDSP	DESCRIPCION DEL ESPACIO	MANGA MAXIMA M	PUNTAL MAXIMO M	MOMENTO ESCOR.30G. IMO MTON	INERCIA DEL VOL. NETO M4	PORC. LLEN. %
9A01	LASTRE P.PP-12 E	10.230	9.200	35.1	802.0	98.0
9A02	LASTRE P.PP-12 B	10.230	9.200	35.1	802.0	98.0
9A03	AGUA DULCE SANITARIA	4.450	3.000	18.3	33.1	98.0
9A04	AGUA DULCE INDUSTRIAL	4.450	3.000	18.3	33.1	98.0
9A05	AGUA ALIMENTAC. CALDERAS	2.753	3.000	1.9	3.6	98.0
9A06	HIDROFORO AGUA FRIA	1.000	0.625	0.0	0.1	98.0
9A07	HIDROFORO AGUA CALIENTE	1.000	0.625	0.0	0.1	98.0
9A08	ACEITE DE BOCINA	1.000	2.000	0.0	0.1	98.0
9B01	ALMACEN ACEITE CAMISAS 1	3.350	6.000	1.4	3.8	98.0
9B02	ALMACEN ACEITE CAMISAS 2	3.350	6.421	1.3	3.8	98.0
9B03	SERVICIO DIARIO DO	4.200	5.133	1.4	7.4	98.0
9B04	SEDIMENTACION DO	4.000	5.656	1.2	6.2	98.0
9B05	SERVICIO DIARIO FO	3.200	6.749	2.6	12.2	98.0
9B06	REBOSOS FO	3.000	1.300	3.2	7.8	98.0
9B07	SERVICIO ACEITE MOTOR	3.600	0.500	6.7	40.6	98.0
9B08	EXPANSION	0.990	1.277	0.0	0.1	98.0
9B10	ACEITE SUCIO	1.600	1.300	0.3	0.5	98.0
9B11	LODOS	4.433	1.300	5.2	19.3	98.0
9B12	ALMACEN ACEITE MOTOR N1	2.380	3.000	0.4	0.9	98.0
9B13	ALMACEN ACEITE MOTOR N2	2.380	3.000	0.4	0.9	98.0
9B14	ALMACEN DO	3.210	2.800	4.6	9.6	98.0
9B15	SEDIMENTACION FO N1	4.750	2.800	9.4	18.1	98.0
9B16	SEDIMENTACION FO N2	4.750	2.800	9.4	18.0	98.0
9B17	SERVICIO ACEITE CAMISAS	1.000	1.500	0.0	0.1	98.0
9B18	AGUAS ACEITOSAS	1.467	1.300	0.6	1.2	98.0
9C01	DF 36-54 E	7.983	1.300	68.4	335.0	98.0
9C02	DF 36-54 B	7.983	1.300	68.4	335.0	98.0
9C03	DF 54-75 E	9.056	1.300	145.5	812.2	98.0
9C04	DF 54-75 B	9.056	1.300	145.5	812.2	98.0
9C05	LAT 36-54 E	6.496	7.900	57.3	3.5	98.0
9C06	LAT 36-54 B	6.496	7.900	57.3	3.5	98.0
9C07	LAT 54-75 E	3.998	7.900	17.7	4.1	98.0
9C08	LAT 54-75 B	3.998	7.900	17.7	4.1	98.0
9C09	COFF 72-75 E	9.000	10.900	66.4	127.6	98.0
9C10	COFF 72-75 B	9.000	10.900	66.4	127.6	98.0
9D01	DF 75-93 E	9.058	1.300	138.5	776.0	98.0
9D02	DF 75-93 B	9.058	1.300	138.5	776.0	98.0
9D03	DF 93-114 E	9.009	1.300	133.7	715.4	98.0
9D04	DF 93-114 B	9.009	1.300	133.7	715.4	98.0
9D05	LAT 75-93 E	1.500	7.900	2.0	3.5	98.0
9D06	LAT 75-93 B	1.500	7.900	2.0	3.5	98.0
9D07	LAT 93-114 E	3.998	7.900	25.6	4.1	98.0
9D08	LAT 93-114 B	3.998	7.900	25.6	4.1	98.0
9D09	COFF 111-114 E	9.000	10.900	66.3	127.6	98.0
9D10	COFF 111-114 B	9.000	10.900	66.3	127.6	98.0
9E01	DF 114-132 E	7.124	1.300	47.1	208.7	98.0
9E02	DF 114-132 B	7.124	1.300	47.1	208.7	98.0
9E03	DF 132-156 E	3.955	1.300	6.7	28.3	98.0
9E04	DF 132-156 B	3.955	1.300	6.7	28.3	98.0
9E05	LAT 114-132 E	6.496	9.934	60.3	8.2	98.0
9E06	LAT 114-132 B	6.496	9.934	60.3	8.2	98.0
9E07	LAT 132-156 E	10.145	7.900	139.1	98.8	98.0
9E08	LAT 132-156 B	10.145	7.900	139.1	98.8	98.0
9E09	COFF 150-156 E	9.000	10.900	54.6	218.6	98.0
9E10	COFF 150-156 B	9.000	10.900	54.6	218.6	98.0
9F01	PIQUE DE PROA	16.245	15.300	164.5	1231.4	98.0

1
SISTEMA FORAN MODULO VOLUME VERSION 50 RESULTADOS PAG. 011
FECHA - 11.07.28

CLIENTE - ETSIN
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU
FNAME
tes2

AGUA DE LASTRE CONTENIDO # 1 PESO ESPECIFICO = 1.025 T/M3

VOLUMEN ALTURA TRANSV. DISTANC.



IDSP	DESCRIPCION DEL ESPACIO	PESO T	NETO M3	C.DE G. S/B M	C.DE G. M	C.DE G. M P.POPA M
9A01	LASTRE P.PP-12 E	165.1	161.1	7.751	-3.322	3.260
9A02	LASTRE P.PP-12 B	165.1	161.1	7.751	3.322	3.260
9C01	DF 36-54 E	91.3	89.1	0.705	-4.154	30.978
9C02	DF 36-54 B	91.3	89.1	0.705	4.154	30.978
9C03	DF 54-75 E	152.6	148.9	0.678	-5.263	44.316
9C04	DF 54-75 B	152.6	148.9	0.678	5.263	44.316
9C05	LAT 36-54 E	318.2	310.5	4.968	-7.976	30.048
9C06	LAT 36-54 B	318.2	310.5	4.968	7.976	30.048
9C07	LAT 54-75 E	249.3	243.2	4.465	-9.092	43.820
9C08	LAT 54-75 B	249.3	243.2	4.465	9.092	43.820
9D01	DF 75-93 E	140.2	136.8	0.668	-5.522	57.715
9D02	DF 75-93 B	140.2	136.8	0.668	5.522	57.715
9D03	DF 93-114 E	144.5	141.0	0.679	-5.072	70.980
9D04	DF 93-114 B	144.5	141.0	0.679	5.072	70.980
9D05	LAT 75-93 E	149.2	145.5	5.270	-9.746	57.718
9D06	LAT 75-93 B	149.2	145.5	5.270	9.746	57.718
9D07	LAT 93-114 E	318.2	310.5	4.362	-8.730	71.440
9D08	LAT 93-114 B	318.2	310.5	4.362	8.730	71.440
9E01	DF 114-132 E	74.0	72.2	0.713	-3.665	84.255
9E02	DF 114-132 B	74.0	72.2	0.713	3.665	84.255
9E03	DF 132-156 E	27.5	26.8	0.805	-2.264	96.592
9E04	DF 132-156 B	27.5	26.8	0.805	2.264	96.592
9E05	LAT 114-132 E	414.4	404.3	5.581	-7.267	85.117
9E06	LAT 114-132 B	414.4	404.3	5.581	7.267	85.117
9E07	LAT 132-156 E	403.1	393.3	5.470	-4.322	97.489
9E08	LAT 132-156 B	403.1	393.3	5.470	4.322	97.489
9E09	COFF 150-156 E	208.2	203.2	8.015	-2.863	105.796
9E10	COFF 150-156 B	208.2	203.2	8.015	2.863	105.796
9F01	PIQUE DE PROA	501.4	489.1	7.330	0.000	112.273
AGUA DE LASTRE		6213.2	6061.6	4.702	0.000	68.868

1

SISTEMA FORAN MODULO VOLUME VERSION 50 RESULTADOS PAG. 012
FECHA - 11.07.28
CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2
AGUA DE LASTRE CONTENIDO # 1 PESO ESPECIFICO = 1.025 T/M3
GRADO DE LLENADO = 98.0 %

IDSP	DESCRIPCION ESPACIO	PESO T	VOLUMEN NETO M3	ALTU. C.G. S/B M	TRANS. C.G. M	DISTAN. C.G. POPA M	INERC AREA M2	NET V M4
9A01	LASTRE P.PP-12 E	161.8	157.9	7.72	-3.29	3.29	107.9	802.0
9A02	LASTRE P.PP-12 B	161.8	157.9	7.72	3.29	3.29	107.9	802.0
9C01	DF 36-54 E	89.5	87.3	0.69	-4.14	30.98	83.5	335.0
9C02	DF 36-54 B	89.5	87.3	0.69	4.14	30.98	83.5	335.0
9C03	DF 54-75 E	149.5	145.9	0.67	-5.26	44.32	127.9	812.2
9C04	DF 54-75 B	149.5	145.9	0.67	5.26	44.32	127.9	812.2
9C05	LAT 36-54 E	311.9	304.3	4.89	-7.94	30.04	18.9	3.5
9C06	LAT 36-54 B	311.9	304.3	4.89	7.94	30.04	18.9	3.5
9C07	LAT 54-75 E	244.3	238.3	4.37	-9.08	43.82	22.0	4.1
9C08	LAT 54-75 B	244.3	238.3	4.37	9.08	43.82	22.0	4.1
9D01	DF 75-93 E	137.4	134.1	0.66	-5.52	57.71	113.9	776.0
9D02	DF 75-93 B	137.4	134.1	0.66	5.52	57.71	113.9	776.0
9D03	DF 93-114 E	141.6	138.2	0.67	-5.06	70.98	121.8	715.4
9D04	DF 93-114 B	141.6	138.2	0.67	5.06	70.98	121.8	715.4
9D05	LAT 75-93 E	146.2	142.6	5.19	-9.75	57.72	18.9	3.5
9D06	LAT 75-93 B	146.2	142.6	5.19	9.75	57.72	18.9	3.5
9D07	LAT 93-114 E	311.9	304.3	4.27	-8.71	71.44	22.1	4.1
9D08	LAT 93-114 B	311.9	304.3	4.27	8.71	71.44	22.1	4.1
9E01	DF 114-132 E	72.5	70.7	0.70	-3.66	84.25	69.9	208.7
9E02	DF 114-132 B	72.5	70.7	0.70	3.66	84.25	69.9	208.7
9E03	DF 132-156 E	26.9	26.3	0.80	-2.26	96.58	34.1	28.3
9E04	DF 132-156 B	26.9	26.3	0.80	2.26	96.58	34.1	28.3
9E05	LAT 114-132 E	406.1	396.2	5.47	-7.26	85.05	15.7	8.2
9E06	LAT 114-132 B	406.1	396.2	5.47	7.26	85.05	15.7	8.2
9E07	LAT 132-156 E	395.0	385.4	5.40	-4.27	97.48	44.1	98.8
9E08	LAT 132-156 B	395.0	385.4	5.40	4.27	97.48	44.1	98.8



9E09 COFF 150-156 E	204.1	199.1	7.93	-2.83	105.79	34.3	218.6
9E10 COFF 150-156 B	204.1	199.1	7.93	2.83	105.79	34.3	218.6
9F01 PIQUE DE PROA	491.3	479.3	7.22	0.00	112.24	95.8	1231.4

AGUA DE LASTRE	6088.9	5940.4	4.63	0.00	68.86	1765.7	9268.6

1

SISTEMA FORAN MODULO VOLUME VERSION 50 RESULTADOS PAG. 013

FECHA - 11.07.28
CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

COMBUSTIBLE PESADO CONTENIDO # 3 PESO ESPECIFICO = 0.920 T/M3

IDSP DESCRIPCION DEL ESPACIO	PESO T	VOLUMEN		ALTURA		TRANSV.		DISTANC.
		NETO	C.DE G.	C.DE G.	C.DE G.	C.DE G.	C.DE G.	
		M3	S/B	M	M	M	P.POPA	M
9B05 SERVICIO DIARIO FO	47.9	52.0	7.078	-8.573	21.831			
9B06 REBOSOS FO	11.1	12.0	0.701	-3.119	22.414			
9B15 SEDIMENTACION FO N1	24.3	26.5	10.800	-8.125	20.685			
9B16 SEDIMENTACION FO N2	24.2	26.3	10.800	-8.125	22.910			
9C09 COFF 72-75 E	185.7	201.9	6.750	-4.500	50.370			
9C10 COFF 72-75 B	185.7	201.9	6.750	4.500	50.370			
9D09 COFF 111-114 E	185.5	201.7	6.755	-4.496	77.670			
9D10 COFF 111-114 B	185.5	201.7	6.755	4.496	77.670			

COMBUSTIBLE PESADO	850.1	924.0	6.923	-0.987	58.684			

GRADO DE LLENADO = 98.0 %

IDSP DESCRIPCION ESPACIO	PESO T	VOLUMEN		ALTU.		TRANS.		DISTAN.	INERC NET V
		NETO	C.G.	C.G.	C.G.	C.G.	C.G.		
		M3	S/B	M	M	POP	POP	M	M4
9B05 SERVICIO DIARIO FO	46.9	51.0	7.03	-8.57	21.83	14.2	12.2		
9B06 REBOSOS FO	10.8	11.8	0.69	-3.12	22.41	10.4	7.8		
9B15 SEDIMENTACION FO N1	23.9	25.9	10.77	-8.12	20.68	9.6	18.1		
9B16 SEDIMENTACION FO N2	23.7	25.8	10.77	-8.12	22.91	9.6	18.0		
9C09 COFF 72-75 E	182.0	197.9	6.64	-4.50	50.37	18.9	127.6		
9C10 COFF 72-75 B	182.0	197.9	6.64	4.50	50.37	18.9	127.6		
9D09 COFF 111-114 E	181.8	197.6	6.65	-4.50	77.67	18.9	127.6		
9D10 COFF 111-114 B	181.8	197.6	6.65	4.50	77.67	18.9	127.6		

COMBUSTIBLE PESADO	833.1	905.5	6.82	-0.99	58.68	119.5	566.5		

1

SISTEMA FORAN MODULO VOLUME VERSION 50 RESULTADOS PAG. 014

FECHA - 11.07.28
CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

COMBUSTIBLE LIGERO CONTENIDO # 4 PESO ESPECIFICO = 0.850 T/M3

IDSP DESCRIPCION DEL ESPACIO	PESO T	VOLUMEN		ALTURA		TRANSV.		DISTANC.
		NETO	C.DE G.	C.DE G.	C.DE G.	C.DE G.	C.DE G.	
		M3	S/B	M	M	M	P.POPA	M
9B03 SERVICIO DIARIO DO	11.4	13.4	7.397	-7.889	17.083			
9B04 SEDIMENTACION DO	11.9	14.0	7.188	-8.019	18.659			
9B14 ALMACEN DO	26.2	30.8	10.800	-8.895	17.520			

COMBUSTIBLE LIGERO	49.5	58.2	9.149	-8.453	17.692			

GRADO DE LLENADO = 98.0 %

PESO	VOLUMEN		ALTU.		TRANS.		DISTAN.	INERC
	NETO	C.G.	C.G.	C.G.	C.G.	C.G.		



IDSP	DESCRIPCION ESPACIO	T	M3	S/B M	M	POPA M	M2	M4
9B03	SERVICIO DIARIO DO	11.2	13.1	7.36	-7.88	17.08	5.0	7.4
9B04	SEDIMENTACION DO	11.6	13.7	7.15	-8.01	18.66	4.6	6.2
9B14	ALMACEN DO	25.7	30.2	10.77	-8.89	17.52	11.2	9.6
COMBUSTIBLE LIGERO		48.5	57.0	9.12	-8.45	17.69	20.9	23.2

1

SISTEMA FORAN MODULO VOLUME VERSION 50 RESULTADOS PAG. 015
FECHA - 11.07.28
CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

ACEITE LUBRICANTE CONTENIDO # 5 PESO ESPECIFICO = 0.900 T/M3

IDSP	DESCRIPCION DEL ESPACIO	PESO T	VOLUMEN NETO M3	ALTURA C.DE G. S/B M	TRANSV. C.DE G. M	DISTANC. C.DE G. P.POPA M
9A08	ACEITE DE BOCINA	1.8	2.0	8.200	0.000	6.820
9B01	ALMACEN ACEITE CAMISAS 1	17.1	19.0	9.743	-8.690	13.474
9B02	ALMACEN ACEITE CAMISAS 2	17.9	19.9	9.617	-8.683	14.874
9B07	SERVICIO ACEITE MOTOR	16.6	18.4	1.050	0.080	18.045
9B10	ACEITE SUCIO	2.8	3.1	0.686	2.653	19.736
9B12	ALMACEN ACEITE MOTOR N1	4.9	5.4	10.712	-9.299	7.810
9B13	ALMACEN ACEITE MOTOR N2	4.9	5.4	10.708	-9.303	8.810
9B17	SERVICIO ACEITE CAMISAS	1.3	1.5	9.950	-4.520	15.030
ACEITE LUBRICANTE		67.2	74.7	7.294	-5.835	14.340

GRADO DE LLENADO = 98.0 %

IDSP	DESCRIPCION ESPACIO	PESO T	VOLUMEN NETO M3	ALTU. C.G. S/B M	TRANS. C.G. M	DISTAN. C.G. POPA M	INERC AREA M2	NET V M4
9A08	ACEITE DE BOCINA	1.7	1.9	8.18	0.00	6.82	1.0	0.1
9B01	ALMACEN ACEITE CAMIS	16.7	18.6	9.69	-8.69	13.47	4.0	3.8
9B02	ALMACEN ACEITE CAMIS	17.6	19.5	9.56	-8.68	14.87	4.0	3.8
9B07	SERVICIO ACEITE MOTO	16.3	18.1	1.04	0.08	18.05	37.6	40.6
9B10	ACEITE SUCIO	2.7	3.0	0.67	2.65	19.74	2.6	0.5
9B12	ALMACEN ACEITE MOTOR	4.8	5.3	10.68	-9.30	7.81	1.9	0.9
9B13	ALMACEN ACEITE MOTOR	4.8	5.3	10.68	-9.30	8.81	1.9	0.9
9B17	SERVICIO ACEITE CAMI	1.3	1.4	9.93	-4.52	15.03	1.0	0.1
ACEITE LUBRICANTE		65.8	73.2	7.26	-5.83	14.34	53.9	50.6

1

SISTEMA FORAN MODULO VOLUME VERSION 50 RESULTADOS PAG. 016
FECHA - 11.07.28
CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

AGUA DULCE CONTENIDO # 6 PESO ESPECIFICO = 1.000 T/M3

IDSP	DESCRIPCION DEL ESPACIO	PESO T	VOLUMEN NETO M3	ALTURA C.DE G. S/B M	TRANSV. C.DE G. M	DISTANC. C.DE G. POPA M
9A03	AGUA DULCE SANITARIA	58.1	58.1	10.719	-8.243	5.073
9A04	AGUA DULCE INDUSTRIAL	58.1	58.1	10.719	8.243	5.073
9A05	AGUA ALIMENTAC. CALDERAS	15.8	15.8	10.773	9.051	1.774
9A06	HIDROFORO AGUA FRIA	0.6	0.6	9.512	-4.849	1.380
9A07	HIDROFORO AGUA CALIENTE	0.6	0.6	9.512	-5.550	3.309
9B08	EXPANSION	1.0	1.0	0.771	1.336	10.260
AGUA DULCE		134.2	134.2	10.640	1.027	4.698



GRADO DE LLENADO = 98.0 %

IDSP	DESCRIPCION ESPACIO	PESO	VOLUMEN	ALTU.	TRANS.	DISTAN.	AREA	INERC
		T	NETO M3	C.G. S/B M	C.G. M	C.G. POPA M		NET V M4
9A03	AGUA DULCE SANITARIA	56.9	56.9	10.69	-8.24	5.07	20.1	33.1
9A04	AGUA DULCE INDUSTRIA	56.9	56.9	10.69	8.24	5.07	20.1	33.1
9A05	AGUA ALIMENTAC. CALD	15.5	15.5	10.74	9.05	1.77	5.7	3.6
9A06	HIDROFORO AGUA FRIA	0.6	0.6	9.51	-4.85	1.38	1.0	0.1
9A07	HIDROFORO AGUA CALIE	0.6	0.6	9.51	-5.55	3.31	1.0	0.1
9B08	EXPANSION	1.0	1.0	0.76	1.33	10.26	1.0	0.1
AGUA DULCE		131.5	131.5	10.61	1.03	4.70	48.9	70.1

1

SISTEMA FORAN MODULO VOLUME VERSION 50 RESULTADOS PAG. 017
FECHA - 11.07.28
CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

AGUA DE CALDERAS CONTENIDO # 7 PESO ESPECIFICO = 1.000 T/M3

IDSP	DESCRIPCION DEL ESPACIO	PESO	VOLUMEN	ALTURA	TRANSV.	DISTANC.
		T	NETO M3	C.DE G. S/B M	C.DE G. M	C.DE G. P.POPA M
9B11	LODOS	14.9	14.9	0.762	3.512	22.152
9B18	AGUAS ACEITOSAS	8.2	8.2	0.655	0.000	9.534
AGUA DE CALDERAS		23.0	23.0	0.724	2.267	17.680

GRADO DE LLENADO = 98.0 %

IDSP	DESCRIPCION ESPACIO	PESO	VOLUMEN	ALTU.	TRANS.	DISTAN.	AREA	INERC
		T	NETO M3	C.G. S/B M	C.G. M	C.G. POPA M		NET V M4
9B11	LODOS	14.6	14.6	0.75	3.50	22.16	16.5	19.3
9B18	AGUAS ACEITOSAS	8.0	8.0	0.64	0.00	9.53	6.5	1.2
AGUA DE CALDERAS		22.6	22.6	0.71	2.26	17.68	23.0	20.5

1

SISTEMA FORAN MODULO VOLUME VERSION 50 RESULTADOS PAG. 018
FECHA - 11.07.28
CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

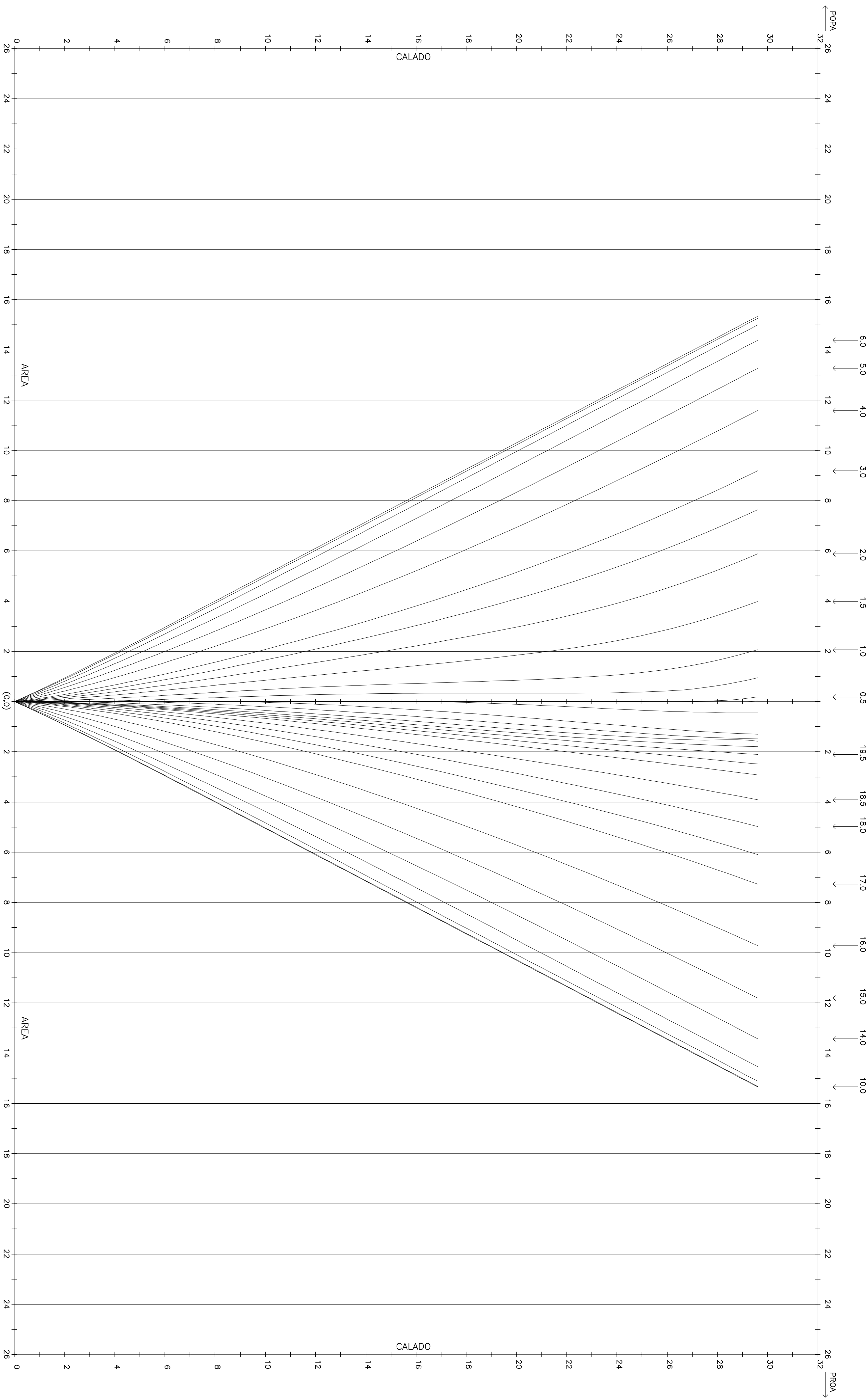


P R O C E S O C O M P L E T A D O

HORA - 16.40.23
=====

FORMAS DEFINIDAS CON EL MODULO FORMT

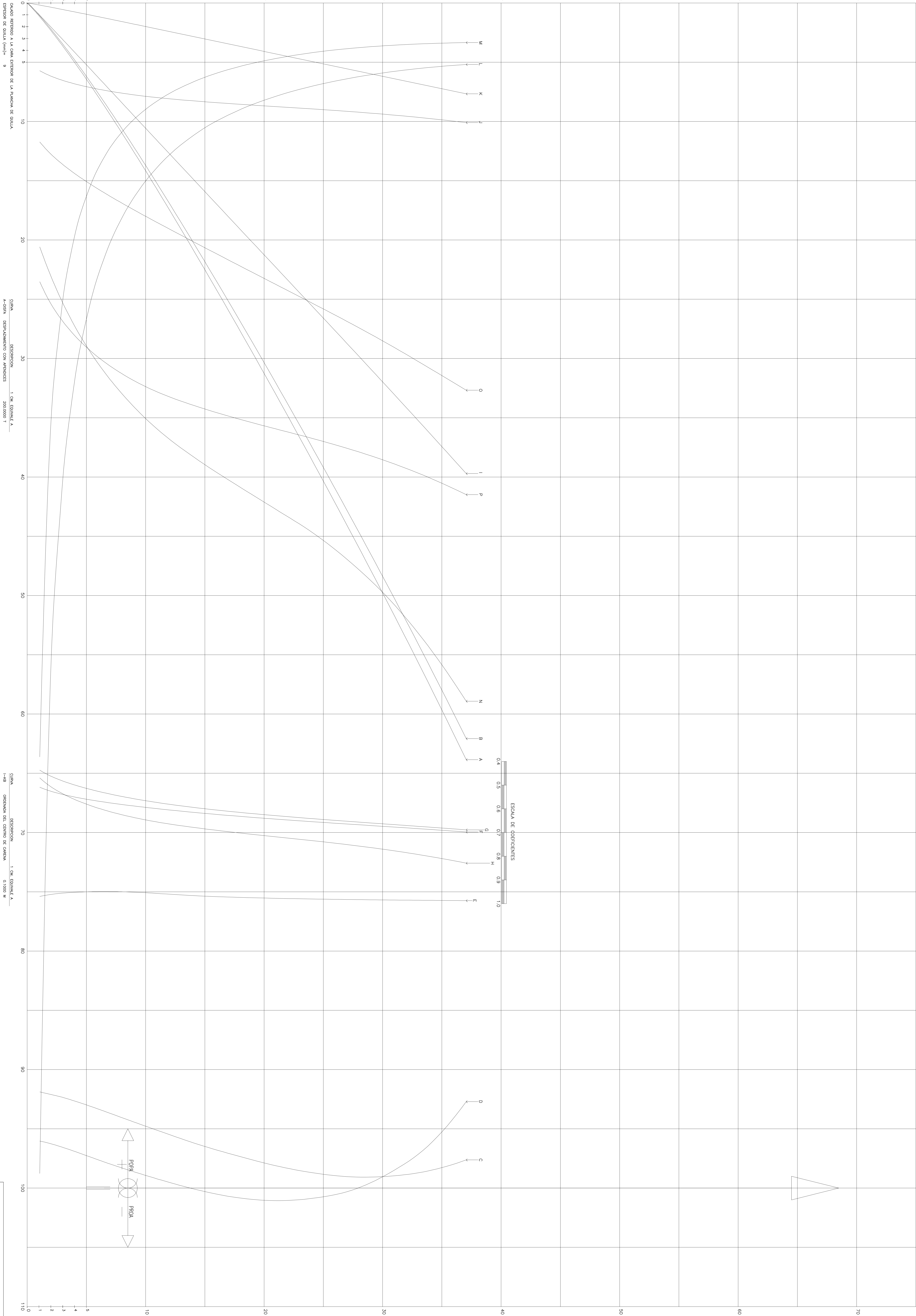
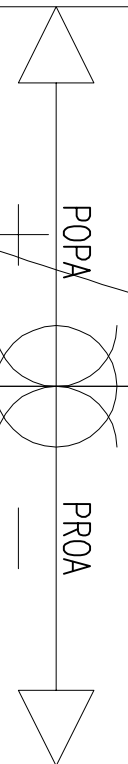
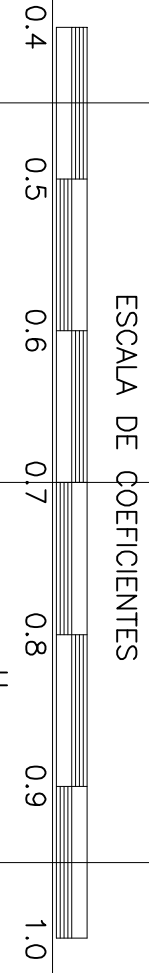
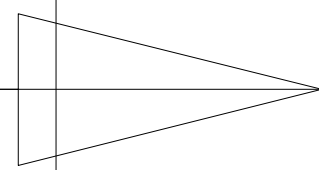
F. DATOS : F. RESULTADOS:okespac.lis F. DIBUJO :



AREAS 1 CM = 10.000 M2
CALADO 1 CM = 0.250 M

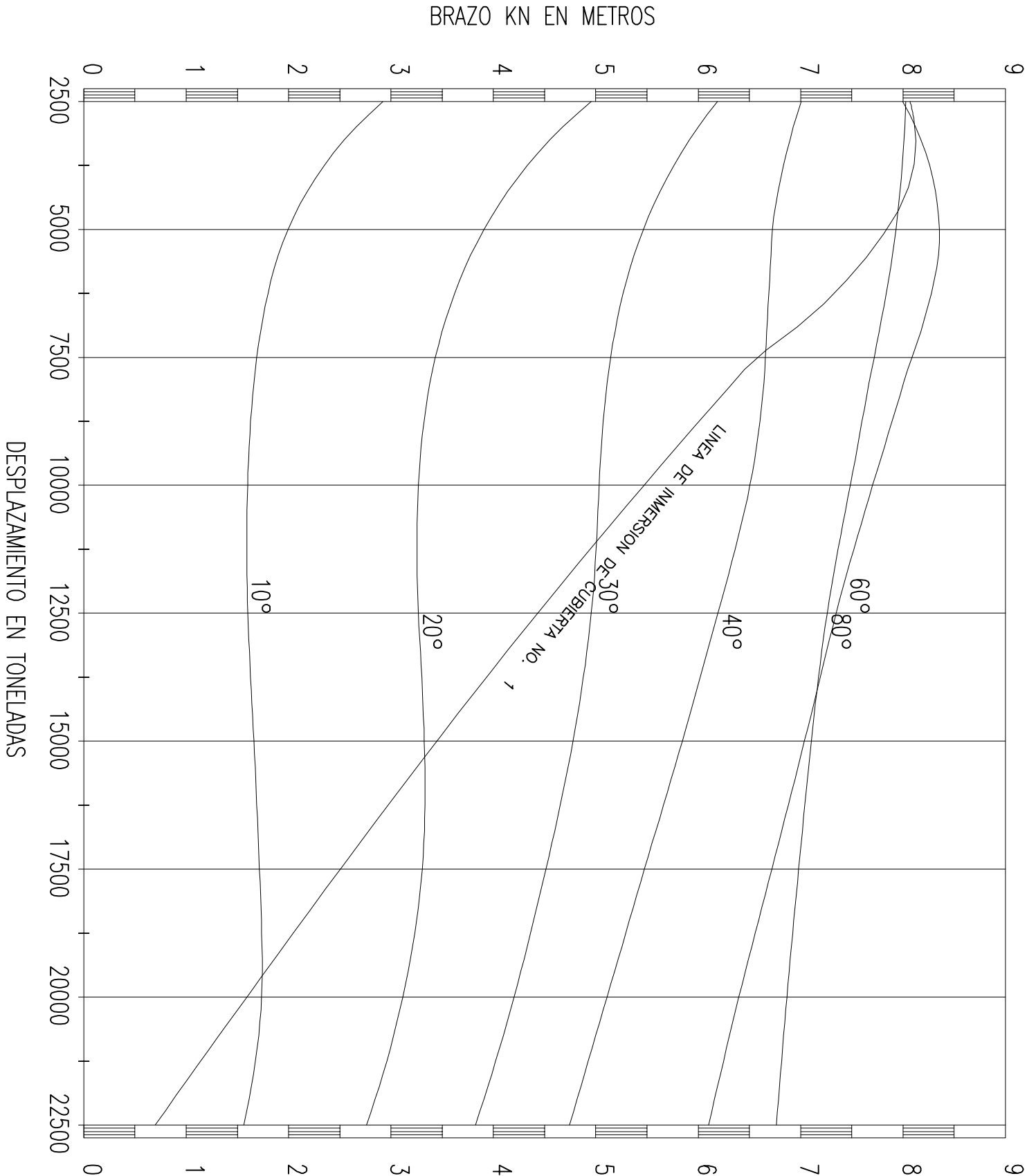
CALADO (1 CM. EQUIVALE A 0.200 M)

CALADO (1 CM. EQUIVALE A 0.200 M)



CURVA		DESCRIPCION	1 CM. EQUIVALE A
A-DISA	DESPLAZAMIENTO CON APENDICES	200,000 T	
B-TSV	VOLUMEN DE CARENA SIN APENDICES	200,000 M3	
C-XCA	ABSTICA C. CARENA SIN APENDICES	0.2000 M	
D-XCF	C. DE C. DE LA FLOTACION	0.4000 M	
E-XCV	COEFICIENTE DE LA SECCION MAXIMA		
F-CP	COEFICIENTE PRESANTO		
G-CE	COEFICIENTE DE BLOQUE		
H-CH	COEFICIENTE DE LA FLOTACION		

CURVA		DESCRIPCION	1 CM. EQUIVALE A
I-GB	ORDENADA DEL CENTRO DE CARENA	0.1000 M	
J-M	AREA DE LA FLOTACION	200,000 M2	
K-LMS	AREA DE LA SECCION MAXIMA	20,000 M2	
L-TSM	RADIO METACENTRICO TRANSVERSAL	1.0000 M	
M-TBM	RADIO METACENTRICO LONGITUDINAL	40,000 M	
N-MC	MOMENTO GUBARNE EL TIEMPO 1 CM	2,000 TCM	
O-S	AREA DE LA SUPERFICIE MOJADA	100,000 M2	
P-TCS	TONELAJES POR CM. DE INMERSION	10,000 T/CM	



ESCALAS

BRAZO KN 1 CM – 0.501 M

DESPLAZAMIENTO 1 CM – 1000.0 T

ASIENTO 0.000 METROS

ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS NAVALES		
Jesús María Rodríguez Sanz		
Carlos Sánchez Cobo		
PORTA-CONTENEDORES 650 TEU		
CARENAS INCLINADAS		
SISTEMA FORAN		
MODULO HYDROS		

**INDICE:**

1	INTRODUCCIÓN	2
2	ESTIMACIÓN DE POTENCIA	3
2.1	RESISTENCIA TOTAL AL AVANCE	3
2.1.1	Resistencia de fricción del casco	4
2.1.2	Factor de forma de Hughes	5
2.1.3	Resistencia debida a los apéndices.....	5
2.1.4	Resistencia por formación de olas	6
2.1.5	Resistencia por inmersión del espejo de popa.....	8
2.1.6	Resistencia por correlación modelo-buque	9
2.2	POTENCIA DE REMOLQUE.....	10
3	DETERMINACIÓN DEL CONJUNTO PROPULSIVO.....	13
4	PROYECTO DEL PROPULSOR.....	14
4.1	PARÁMETROS Y GEOMETRÍA DEL PROPULSOR.....	14
4.2	CÁLCULO DEL PROPULSOR	19
5	PROYECTO DEL TIMÓN. MANIOBRABILIDAD.	23
5.1	PARÁMETROS GEOMÉTRICOS DEL TIMÓN.....	24
5.2	FUERZAS DEL TIMÓN.	25
5.3	ÁNGULO DE DESPRENDIMIENTO DEL TIMÓN.....	26
5.4	CÁLCULO DE LAS OPCIONES.	27
5.5	ALTERNATIVA ESCOGIDA.	27
5.6	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE TIMÓN.	28
5.7	CÁLCULOS DE MANIOBRABILIDAD.	31
5.7.1	Facilidad de Evolución.	31
5.7.2	Facilidad de Gobierno.....	33
5.7.3	Facilidad de cambio de rumbo.....	35
5.7.4	Potencia del Servomotor	36



1 INTRODUCCIÓN

En este apartado vamos a calcular la resistencia al avance de nuestro buque para poder conocer la potencia del motor principal. Una vez que lo conozcamos realizaremos el cálculo del propulsor óptimo y haremos el diseño del timón y hallaremos la potencia del servo para que puedan cumplirse las condiciones del proyecto.

Junto con estos últimos cálculos estudiaremos los parámetros de maniobrabilidad para que esté dentro del rango requerido.

Vamos a usar el método Holtrop, las series de hélices del canal de Wageningen y la tesis doctoral de D. Antonio Baquero para la realización de los cálculos.

Las características de partida de nuestro buque, calculadas en los cuadernos anteriores, son:

Eslora entre perpendiculares:	116,00 m
Eslora de flotación:	115,5 m
Manga de trazado:	21,00 m
Puntal de trazado:	12,20 m
Calado de proyecto:	7,40 m
Calado a proa:	7,40 m
Calado a popa:	7,40 m
Coefficiente de bloque a ese calado:	0,689
Abcisa del centro de carena:	-0,479 m
Coefficiente de la flotación:	0,829
Coefficiente de la maestra:	0,987
Área transversal del bulbo de proa:	15,50 m ²
Altura del c. d. g de la sección transversal del bulbo:	3,97 m
Área mojada transversal espejo popa	0
Semiángulo de ataque de la flotación:	25°



Superficie mojada:	3263.8 m ²
Viscosidad Cinemática	1.188·10 ⁶ m ² /s
Densidad	1025 Kg/m ³
Rugosidad del casco	150 micras

Nuestro buque posee popa con bulbo y quillas de balance con una superficie de unos 50 m².

2 ESTIMACIÓN DE POTENCIA

2.1 RESISTENCIA TOTAL AL AVANCE

La descomposición más general de la resistencia de remolque (R_T) es la siguiente:

$$R_T = R_F \cdot (1 + k_1) + R_{AP} + R_W + R_B + R_{TR} + R_A$$

siendo:

R_T : resistencia total

R_F : resistencia de fricción

$1+k_1$: factor de formas de Hughes, que corrige la resistencia viscosa por acción de las formas de los buques.

R_{AP} : resistencia debida a los apéndices

R_W : resistencia conjunta por formación de olas y por olas rompientes en la proa

R_B : resistencia de presión producida por el bulbo

R_{TR} : resistencia de presión en las popas cuando están sumergidas

R_A : resistencia ficticia debida al coeficiente de correlación modelo-buque



2.1.1 Resistencia de fricción del casco

$$R_F = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot S_t \cdot c_F$$

Esta superficie total de la carena sin los apéndices, se puede calcular como:

$$S_t = L_{fl} \cdot (2 \cdot T + B) \cdot CM^{0,5} \cdot \left(0,453 + 0,4425 \cdot CB - 0,2862 \cdot CM - 0,003467 \cdot \frac{B}{T} + 0,3696 \cdot CWP \right) + 2,38 \cdot \frac{A_{bt}}{CB}$$

Siendo:

L_{fl} la eslora en la flotación.

CWP el coeficiente de afinamiento de la flotación.

En nuestro caso ya conocemos la superficie mojada pues tenemos las formas calculadas, su valor es 3263,8 m² sin los apéndices. Este valor será el que usemos a la hora de realizar los cálculos.

Por su parte, el coeficiente de fricción se define como:

$$c_F = \frac{0,075}{(\log_{10} RN - 2)^2}$$

Siendo RN el número de Reynolds:

$$RN = \frac{v \cdot L}{\nu}$$



2.1.2 Factor de forma de Hughes

$$1 + k_1 = c_{13} \cdot \left[0,93 + c_{12} \cdot \left(\frac{B}{L_r} \right)^{0,92497} \cdot (0,95 - CP)^{-0,521448} \cdot (1 - CP + 0,0225 \cdot L_{cb})^{0,6906} \right]$$

siendo:

$$c_{13} = 1 + 0,003 \cdot c_{\text{popa}}$$

c_{popa} es un coeficiente que tiene en cuenta la terminación de las formas en la parte de popa del buque cuyo valor para formas llenas o con bulbo es de 10.

$$c_{12} = \left(\frac{T}{L_{fl}} \right)^{0,2228446} \quad \text{si} \quad \frac{T}{L_{fl}} > 0,05$$

$$c_{12} = 48,2 \cdot \left(\frac{T}{L_{fl}} - 0,02 \right)^{2,078} + 0,479948 \quad \text{si} \quad 0,02 < \frac{T}{L_{fl}} < 0,05$$

$$c_{12} = 0,479948 \quad \text{si} \quad \frac{T}{L_{fl}} < 0,02$$

$$L_r = L_{fl} \cdot \left(1 - CP + 0,06 \cdot L_{cc} \cdot \frac{CP}{4 \cdot CP - 1} \right)$$

Siendo L_{cc} la posición longitudinal del centro de carena, medida respecto a la cuaderna maestra en %L

2.1.3 Resistencia debida a los apéndices

$$R_{APP} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot S_{APP} \cdot (1 + k_2) \cdot c_F$$



donde:

S_{APP} es el área de los apéndices en m^2

$1+k_2$ es el factor de resistencia de forma de los apéndices.

$1+k_2$	
Timón con talón	1,5-2
Timón colgado	1,3-1,5
Dos timones compensados	2,8
Arbotantes	
Quillote	1,5-2
Henchimientos protectores	3
Henchimientos integrados en el casco	2
Ejes	2-4
Aletas estabilizadoras	2,8
Domo	2,7
Quillas de balance	1,4

2.1.4 Resistencia por formación de olas

$$R_w = c_1 \cdot c_2 \cdot c_5 \cdot \nabla \cdot \rho \cdot g \cdot \exp(m_1 \cdot FN^d + m_2 \cdot \cos(\lambda \cdot FN^{-2}))$$

donde:

$$c_1 = 2223105 \cdot c_7^{3,78613} \cdot \left(\frac{T}{B}\right)^{1,07961} \cdot (90 - i_E)^{-1,37565}$$

Siendo:

i_E es el semiángulo de entrada de la flotación en la proa



c_7 se define como sigue:

$$c_7 = 0,229577 \cdot \left(\frac{B}{L_{fl}} \right)^{0,33333} \quad \text{para} \quad \frac{B}{L_{fl}} < 0,11$$

$$c_7 = \frac{B}{L_{fl}} \quad \text{para} \quad 0,11 < \frac{B}{L_{fl}} < 0,25$$

$$c_7 = 0,5 - 0,0625 \cdot \frac{B}{L_{fl}} \quad \text{para} \quad \frac{B}{L_{fl}} > 0,25$$

$$c_2 = \exp(-1,89 \cdot \sqrt{c_3}) = \exp\left(-1,89 \cdot \sqrt{\frac{0,56 \cdot A_{bt}^{1,5}}{B \cdot T \cdot (0,31 \cdot \sqrt{A_{bt}} + T_{proa} - H_b)}}\right)$$

con:

A_{bt} el área transversal del bulbo en la intersección de la roda con el plano de la flotación.

T_{proa} el calado a proa

H_b la distancia vertical del centro de gravedad del área A_{bt} desde la línea base.

$$c_5 = 1 - \frac{0,8 \cdot A_t}{B \cdot T \cdot CM}$$

$$m_1 = 0,0140407 \cdot \frac{L_{fl}}{T} - 1,75254 \cdot \frac{\nabla^{1/3}}{L_{fl}} - 4,79323 \cdot \frac{B}{L_{fl}} - c_{16}$$

con:

$$c_{16} = 8,07981 \cdot CP - 13,8673 \cdot CP^2 + 6,984388 \quad \text{si} \quad CP < 0,80$$



$$c_{16} = 1,73014 - 0,7067 \cdot CP \quad \text{si} \quad CP > 0,80$$

$$d = -0,9$$

$$\lambda = 1,446 \cdot CP - 0,03 \cdot \frac{L_{fl}}{B} \quad \text{si} \quad \frac{L_{fl}}{B} \leq 12$$

$$\lambda = 1,446 \cdot CP - 0,36 \quad \text{si} \quad \frac{L_{fl}}{B} > 12$$

$$m_2 = c_{15} \cdot CP^2 \cdot \exp(-0,1 \cdot FN^{-2})$$

definiendo:

$$c_{15} = -1,69385 \quad \text{si} \quad \frac{L_{fl}^3}{\nabla} < 512$$

$$c_{15} = -1,69385 + \frac{\frac{L_{fl}}{\nabla^{1/3}} - 0,8}{2,36} \quad \text{si} \quad 512 < \frac{L_{fl}^3}{\nabla} < 1727$$

$$c_{15} = 0 \quad \text{si} \quad \frac{L_{fl}^3}{\nabla} > 1727$$

2.1.5 Resistencia por inmersión del espejo de popa

$$R_{TR} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot A_t \cdot c_6$$

donde:

$$c_6 = 0,2 \cdot (1 - 0,2 \cdot FN_t) \quad \text{si} \quad FN_t < 5$$



$$c_6 = 0$$

$$\text{si } FN_t > 5$$

$$FN_t = \frac{v}{\sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot A_t}{B + B \cdot CWP}}}$$

2.1.6 Resistencia por correlación modelo-buque

$$R_A = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot g \cdot v^2 \cdot S_t \cdot c_A$$

Siendo:

$$c_A = 0,006 \cdot (L_{fl} + 100)^{-0,16} - 0,00205 + 0,003 \cdot \sqrt{\frac{L_{fl}}{7,5}} \cdot CB^4 \cdot c_2 \cdot (0,04 - c_4)$$

con:

$$c_4 = \frac{T_{proa}}{L_{fl}} \quad \text{si} \quad \frac{T_{proa}}{L_{fl}} \leq 0,04$$

$$c_4 = 0,04 \quad \text{si} \quad \frac{T_{proa}}{L_{fl}} > 0,04$$

$$S_t = L_{fl} \cdot (2 \cdot T + B) \cdot CM^{0,5} \cdot \left(0,453 + 0,4425 \cdot CB - 0,2862 \cdot CM - 0,003467 \cdot \frac{B}{T} + 0,3696 \right) + 2,38 \cdot \frac{A_{bt}}{CB}$$



2.2 POTENCIA DE REMOLQUE

La potencia de remolque se obtiene como:

$$EHP = \frac{R_T \cdot v}{75}$$

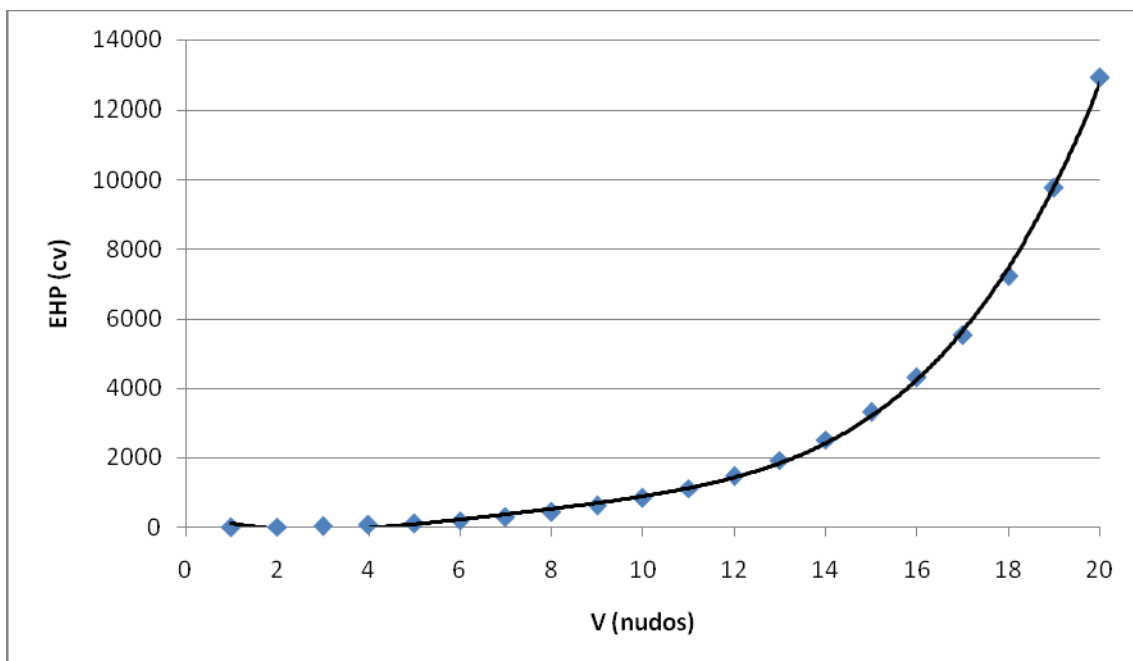
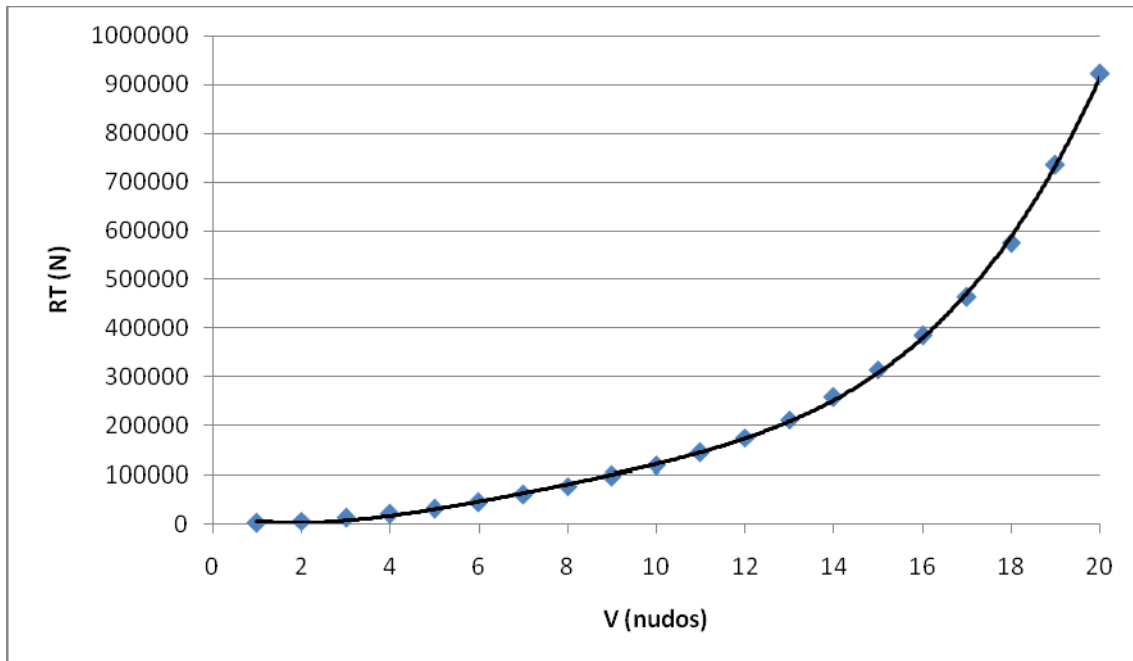
Para realizar la estimación de potencia que necesitaría nuestro buque vamos a usar el programa de predicción de potencia realizado por Donato Martínez Pérez de Rojas y que se basa en el método Holtrop y el método de Burill para la cavitación. De esta manera obtenemos los siguientes valores:



Velocidad (Kn)	Fn	Rn (10 ⁶)	Resistencia Viscosa (N)	Resistencia Apéndices (N)	Resistencia Olas (N)	Resistencia Total (N)	EHP (cv)
1	0.0153	50.0028	1022.3	21.9	—	1540.2	1
2	0.0306	100.0056	3689	79.1	—	5643.7	8
3	0.0458	150.0084	7833.7	168	—	12095.8	25
4	0.0611	200.0112	13379.8	287	—	20798.6	58
5	0.0764	250.014	20277.4	434	—	31688.4	111
6	0.0917	300.0168	28489.9	611	1.1	44720	188
7	0.107	350.0196	37988.6	814.8	13.6	59867.4	293
8	0.1223	400.0225	48749.9	1045.6	92.3	77155.9	432
9	0.1375	450.0253	60754	1303	417.2	96740.5	609
10	0.1528	500.0281	73983.8	1586.8	1413	119024.7	833
11	0.1681	550.0309	88424.2	1896.5	3872.7	144782.6	1115
12	0.1834	600.0337	104062.1	2231.9	9040.9	175242.3	1472
13	0.1987	650.0365	120885.3	2592.7	18653	212124.3	1930
14	0.214	700.0393	138883.1	2978.7	34706.9	257412.8	2522
15	0.2292	750.0421	158045.4	3389.7	60702.5	314595.3	3303
16	0.2445	800.0449	178363.3	3825.4	97110.2	384130.7	4302
17	0.2598	850.0477	199828.2	4285.8	142025.8	464104.1	5522
18	0.2751	900.0505	222432.3	4770.6	215311.8	574368.2	7236
19	0.2904	950.0533	246168.4	5279.7	337544.5	735489.7	9781
20	0.3057	1000.0561	271029.5	5812.9	483325.6	922061.6	12907



De esta manera obtenemos las siguientes gráficas en función de la velocidad:





Por otra parte, conocemos que:

$$BHP = \frac{EHP}{\eta_p}$$

$$\eta_p = \frac{1-t}{1-w} \cdot \eta_m \cdot \eta_0 \cdot \eta_{rr}$$

Siendo:

BHP la potencia propulsora.

EHP la potencia de remolque.

η_p el rendimiento propulsivo.

t el coeficiente de succión.

w el coeficiente de estela.

η_m el rendimiento mecánico.

η_0 el rendimiento del propulsor en aguas libres.

η_{rr} el rendimiento rotativo relativo.

Con ello tendríamos definida la potencia necesaria en nuestro buque. Este es un procedimiento difícil y arduo que se puede resolver mediante ensayos en un canal o mediante una amplia y contrastada información estadística (p. ej. Método de Holtrop-Menen). Nosotros como se ha visto hemos usado este último.

Finalmente para obtener el valor MCR del motor, debemos tener en cuenta que ha de trabajar con un margen del 85%.

Así tenemos para nuestro buque que para la velocidad de 18 nudos: BHP=9930 cv y MCR=11682 cv

3 DETERMINACIÓN DEL CONJUNTO PROPULSIVO.

La primera decisión que debemos tomar es el número de ejes a instalar. Para ello tendremos en cuenta las siguientes consideraciones:



- a) Resulta más económica la instalación de un único propulsor tanto por los costes de mantenimiento como por los de instalación.
- b) La instalación de dos líneas de ejes se realiza cuando hay restricciones de calado.
- c) El rendimiento de un único propulsor es mayor que el de dos, pues el diámetro de los propulsores es menor.
- d) Las dos líneas de ejes se instalan cuando se requiere un alto grado de maniobrabilidad o que se necesite no quedar a la deriva por avería.

Elegimos también un motor de dos tiempos, con lo que condicionamos la línea de ejes, pues estará formada por un sistema rígido de transmisión y no instalaremos reductores o multiplicadores que reducirían potencia a la propulsión.

Nos decantamos por una hélice de palas fijas debido a que es más robusta, tiene menor coste de instalación, menor propensión a averías y un mayor rendimiento ya que en teoría nuestro buque no va a realizar grandes travesías. Además nuestro proyecto no tiene ningún requisito que nos obligue a usar dos líneas de ejes. Logramos de este modo abaratar costes al ser menor el desembolso económico con esta opción.

4 PROYECTO DEL PROPULSOR.

En esta sección vamos a definir la hélice. Para ello la escogeremos de la serie B del canal de Wageningen.

4.1 PARÁMETROS Y GEOMETRÍA DEL PROPULSOR

- Diámetro de la hélice (D_p).

El diámetro de la hélice vendrá limitado principalmente por la altura de la bovedilla desde la línea base, en nuestro caso esa altura será de 7,06 m. Debemos tener en cuenta como segundo condicionante que el diámetro estará condicionado por los huelgos



mínimos requeridos por la Sociedad de Clasificación para evitar vibraciones y ruidos. Aunque actualmente Bureau Veritas no marca unos huelgos mínimos, nosotros nos basaremos en la reglamentación antigua para evitarnos los problemas mencionados.

De este modo Bureau Veritas fijaba unos valores mínimos para los huelgos entre la parte superior de la pala del propulsor y el punto más cercano al casco, así como entre el punto más bajo de la pala y el talón del codaste en caso de ser un timón apoyado y entre ésta y la línea de base si se trata de un timón suspendido.

Obtenemos dichos valores mediante el siguiente procedimiento:

- a) Hallamos el coeficiente α definido por la fórmula:

$$\alpha = \frac{(C_B \cdot F)^{\frac{2}{3}}}{8 \cdot L} =$$

Siendo:

F la potencia por línea de ejes.

C_B el coeficiente de bloque.

L la eslora del buque.

- b) Los valores de los huelgos mínimos exigidos y sus expresiones de cálculo están tomadas del reglamento del Bureau Veritas.



Huelgos de la hélice					Características del buque						
Nº palas	a1	a2	A	c	L	Cb	F	D Hélice	α	Hélice + huelgos	Altura de eje
4	1.201	0.5	1.201	0.15	115.5	0.689	9155.4	5	0.369	6.351	2.65
4	1.225	0.51	1.225	0.153	115.5	0.689	9155.4	5.1	0.369	6.478	2.70
4	1.249	0.52	1.249	0.156	115.5	0.689	9155.4	5.2	0.369	6.605	2.76
4	1.273	0.53	1.273	0.159	115.5	0.689	9155.4	5.3	0.369	6.732	2.81
4	1.297	0.54	1.297	0.162	115.5	0.689	9155.4	5.4	0.369	6.859	2.86
4	1.321	0.55	1.321	0.165	115.5	0.689	9155.4	5.5	0.369	6.986	2.92
4	1.345	0.56	1.345	0.168	115.5	0.689	9155.4	5.6	0.369	7.113	2.97
4	1.369	0.57	1.369	0.171	115.5	0.689	9155.4	5.7	0.369	7.240	3.02
4	1.393	0.58	1.393	0.174	115.5	0.689	9155.4	5.8	0.369	7.367	3.07
4	1.417	0.59	1.417	0.177	115.5	0.689	9155.4	5.9	0.369	7.494	3.13
4	1.441	0.6	1.441	0.18	115.5	0.689	9155.4	6	0.369	7.621	3.18
5	1.016	0.5	1.016	0.15	115.5	0.689	9155.4	5	0.369	6.166	2.65
5	1.036	0.51	1.036	0.153	115.5	0.689	9155.4	5.1	0.369	6.289	2.70
5	1.057	0.52	1.057	0.156	115.5	0.689	9155.4	5.2	0.369	6.413	2.76
5	1.077	0.53	1.077	0.159	115.5	0.689	9155.4	5.3	0.369	6.536	2.81
5	1.097	0.54	1.097	0.162	115.5	0.689	9155.4	5.4	0.369	6.659	2.86
5	1.118	0.55	1.118	0.165	115.5	0.689	9155.4	5.5	0.369	6.783	2.92
5	1.138	0.56	1.138	0.168	115.5	0.689	9155.4	5.6	0.369	6.906	2.97
5	1.158	0.57	1.158	0.171	115.5	0.689	9155.4	5.7	0.369	7.029	3.02
5	1.179	0.58	1.179	0.174	115.5	0.689	9155.4	5.8	0.369	7.153	3.07
5	1.199	0.59	1.199	0.177	115.5	0.689	9155.4	5.9	0.369	7.276	3.13
5	1.219	0.6	1.219	0.18	115.5	0.689	9155.4	6	0.369	7.399	3.18

Como se observa en la tabla, las hélices de cinco palas poseen un mayor diámetro lo que nos da un mayor rendimiento, además por la potencia calculada anteriormente por Holtrop el motor que elegiremos tendrá siete, ocho o nueve cilindros, por lo tanto la hélice tendrá un número de palas tal que evite problemas de vibraciones y cavitación,



por lo que no debe coincidir con el número de cilindros o un múltiplo de este, al coger la hélice de cinco palas también tenemos en cuenta este aspecto. Por lo tanto para nuestro buque escogemos una hélice de cinco palas fijas, de la serie B de Wageningen.

Elegimos al final la hélice de 5 palas y 5,189 m de diámetro, se coge una hélice más pequeña de la que podría montar debido a las formas de la popa.

- Número de Palas (Z)

Como indicamos en el apartado anterior, escogemos cinco palas pues nos permite usar una hélice de mayor diámetro, lo que mejora el rendimiento. $Z=5$.

- Coeficiente de estela (w)

Representa la pérdida de velocidad que experimenta el agua al entrar al propulsor. Se puede hallar para una sola línea de ejes, mediante las fórmulas:

Taylor:

$$w = 0,5 \cdot C_b - 0,05$$

Canal de Hamburgo:

$$w = 0,7 \cdot C_p - 0,18$$

- Coeficiente de succión (t)

Representa la diferencia entre el empuje que da el propulsor y la resistencia al avance del buque debido a que la succión provocada por el propulsor crea una zona de bajas presiones en la popa del buque, generando unas fuerzas de presión adicionales; además la succión del propulsor aumenta la velocidad de las líneas de agua en la popa



provocando un aumento de la resistencia friccional. Ambas circunstancias ocasionan que deban ser compensadas con un empuje extra de la hélice.

Se puede calcular mediante las fórmulas:

Fórmula de Fraude:

$$t = \frac{T_B - R}{T_B}$$

Fórmula de Taylor:

$$t = 0,6 \cdot w$$

- Relación área-disco (A_E/A_O)

Por este nombre llamamos a la relación entre el área proyectada de la hélice y el área del círculo que la inscribe. Este valor debe ser lo más pequeño posible mientras que no provoque cavitación, pues cuanto mayor sea menor es el rendimiento propulsivo.

Se puede hallar mediante la fórmula:

Fórmula de Kéller:

$$\frac{A_E}{A_O} = \left[\frac{(1,3 + 0,3 \cdot Z) \cdot T}{(p_0 + \rho \cdot g \cdot h - p_v) \cdot D^2} \right] + K$$

Siendo Z el número de palas, h la inmersión mínima de la línea de ejes, D el diámetro del propulsor, K el coeficiente que depende del material de la hélice y del número de ellas, p_0 la presión atmosférica, p_v la presión del vapor de agua a 15°C y T el empuje del propulsor en Kg.



El valor que se obtiene al aplicar esta fórmula, es el mínimo necesario para que no se produzca cavitación.

- Rendimiento rotativo-relativo (η_r)

Este valor nos indica la variación de la potencia absorbida por la hélice en el ensayo de aguas libres entre la que realmente absorbe el buque.

Se pueden usar la fórmula siguiente para obtener su valor:

$$\eta_{rr} = 0,992 - 0,05908 \cdot \frac{A_E}{A_0} + 0,0724 \cdot (C_p - 0,0225 \cdot L_{cb})$$

Siendo L_{cb} la posición longitudinal del centro de carena, medida respecto a la situación de la cuaderna maestra y expresada en %L.

- Velocidad de avance (V_a)

Nos indica la velocidad media con la que el agua entra en el disco de la hélice.

$$V_a = V \cdot (1 - w)$$

4.2 CÁLCULO DEL PROPULSOR

El cálculo se realiza mediante un proceso iterativo en el cual hallaremos la hélice de mejor rendimiento para cada valor de revoluciones por minuto. Se trata de obtener la curva BHP-r.p.m. para la velocidad de pruebas al 85% de MCR, tal como indican las condiciones de nuestro proyecto.

Obtendremos de este modo los siguientes valores:



1. Diámetro de la hélice D_p .
2. Relación de áreas A_E/A_O para la hélice óptima en cada valor de r.p.m.
3. Potencia BHP para la velocidad de pruebas para la hélice óptima y r.p.m. fijas.
4. La relación paso-diámetro (H/D) óptima para cada punto de la curva.
5. Las r.p.m. de la hélice en función de las cuales se fijará la potencia.

Para obtener la curva BHP-rpm indicada con anterioridad debemos hacer lo siguiente:

1. Fijamos unas r.p.m.
2. Fijamos el valor D_p , cerca del valor admisible dado por la Sociedad de Clasificación y sin sobrepasarlo. Un mayor diámetro implica un mejor rendimiento.
3. Se calcula el valor de rendimiento máximo para el valor A_E/A_O antes calculado y para el número de palas, en nuestro caso $Z=5$. Hallamos así:

$$J = \frac{V_a}{n \cdot D}$$

$$R_n = \frac{1}{Z \cdot v} \cdot \left[2,073 \cdot \frac{A_E}{A_O} \cdot D \cdot \left(V_a^2 + (0,75 \cdot \pi \cdot n \cdot D)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \right]$$

Con las curvas del propulsor aislado, obtenidas de las expresiones polinómicas de Oosterveld y Van Oosanen tenemos las curvas K_T y K_Q que corregidos los efectos de escala para el buque nos dan los restantes parámetros del propulsor.

Las correcciones se realizan según las fórmulas de la ITTC-78.

De este modo el procedimiento a seguir en el cálculo será:

- a) Calculamos el empuje T proporcionado por la hélice suponiendo que es idéntico al de aguas libres.



$$T = \frac{R}{1-t}$$

- b) Al ser las r.p.m. aún desconocidas a estas alturas del cálculo hallamos el coeficiente que nos es conocido:

$$\frac{K_T}{J^2} = \left[\frac{T}{\rho \cdot D^2 \cdot V^2 \cdot (1-w)^2} \right]$$

- c) Tomamos pares de valores A_E/A_O y H/D que junto con el número de palas Z definen un propulsor unívocamente caracterizado por sus curvas de propulsor aislado $K_T=K_T(J)$ y $K_Q=K_Q(J)$.
- d) Buscamos el valor de J que iguale los parámetros K_T/J^2 calculados a partir del método Holtrop y de las curvas del propulsor aislado. Una vez obtenido, hallamos n :

$$Q = \frac{Q_{AGUASLIBRES}}{\eta_{rr}}$$

- e) Con el valor J del propulsor obtenemos K_Q en aguas libres de las curvas de la hélice. Obtenemos así el par en aguas libres, relacionado con el par absorbido por la hélice según indican las expresiones:

$$K_{QAGUASLIBRES} = \frac{Q_{AGUASLIBRES}}{\rho \cdot n^2 \cdot D^5} \quad \text{y} \quad Q = \frac{Q_{AGUASLIBRES}}{\eta_{rr}}$$

A partir del valor del par podemos calcular la potencia entregada a la hélice DHP.

$$DHP = 2 \cdot \pi \cdot n \cdot Q$$

Sabemos además que el rendimiento mecánico es:



$$\eta_m = \frac{DHP}{BHP}$$

Del mismo modo tenemos que el rendimiento del casco es:

$$\eta_m = \frac{EHP}{DHP} = \frac{R \cdot v}{2 \cdot \pi \cdot n \cdot Q} = \frac{T \cdot V_A \cdot (1-t)}{2 \cdot \pi \cdot n \cdot Q \cdot (1-w)} \cdot \eta_{rr} = \eta_{ro} \cdot \eta_{rr} \cdot \frac{1-t}{1-w}$$

$$\eta_{pT} = \frac{EHP}{BHP} = \eta_{ro} \cdot \eta_{rr} \cdot \eta_m \cdot \frac{1-t}{1-w}$$

Relacionamos así el rendimiento propulsivo con el de aguas libres, el mecánico y el rotativo-relativo.

Estos cálculos son los realizados por el programa que indicamos al principio, por lo que lo usaremos para calcular los valores de la hélice que requiere nuestro buque, se basa en el método Holtrop y Mennem y cavitación de Keller, programado por Donato Martínez Pérez Rojas. Nos da los siguientes valores para la hélice:

Diámetro Óptimo: 5,1 m.

Revoluciones Óptimas: 97,54 r.p.m.

Paso/Diámetro: 1,31

Área Extendida/Área Disco: 0,635

Cuerda en la Estación 0,75: 1,342 m

Relación Espesor Cuerda: $4,654 \cdot 10^{-2}$

Estela, w : 0,3212

Succión, t : 0,2121

Rendimiento Rotativo relativo: 1,007

KT: 0,3184

KQ: $6,666 \cdot 10^{-2}$

Empuje: 589004,9 N

EHP: 7236,258 c. v.



Rendimiento del Propulsor: 0,576

Rendimiento Total: 0,702

BHP: 10309,46 c.v.

MCR: 12128,78 c.v.

5 PROYECTO DEL TIMÓN. MANIOBRABILIDAD.

Para el diseño del timón seguiremos las directrices expuestas por D. Antonio Baquero en su tesis doctoral, así como recomendaciones de Bureau Veritas, a la que nuestro buque se debe ajustar.

El diseño del timón pretende proyectar un timón que proporcione al buque unas condiciones mínimas aceptables de maniobrabilidad, que quedan reflejadas en lo siguiente:

- **Facilidad de evolución:** es la relación entre el diámetro de giro y la eslora del buque. Cuanto más pequeño sea este valor, para un eslora fija, menor será el diámetro de evolución y por lo tanto mejor maniobrabilidad presentará el buque. Nos viene a indicar la capacidad de respuesta del buque antes las acciones del timón.
- **Facilidad de gobierno:** es la capacidad de mantener el rumbo minimizando el accionamiento del timón. La importancia de esto crece con la longitud de la travesía, pues disminuye la resistencia al avance y el consumo de combustible.

Con todo ello calcularemos el timón de la siguiente manera:



5.1 PARÁMETROS GEOMÉTRICOS DEL TIMÓN.

❖ Altura del timón h .

Un valor aceptable de la distancia entre el canto alto del timón y la bovedilla, ha de ser cuanto menos un 6% del vano total del codaste medido a la altura de la mecha del timón H , que se localiza en la perpendicular de popa.

La distancia entre el canto bajo del timón y la línea de quilla puede tomarse igual a $0,08 H$ y la altura del timón debe verificar por tanto:

$$h \leq 0,86 \cdot H$$

De aquí, aplicándolo a nuestro buque, tenemos que $h \leq 0,86 \cdot H = 6,45 \text{ m}$

La altura mínima que debe tener el timón es de $1,15 D$.

❖ Relación de altura/cuerda del timón, λ .

La relación de aspecto debe mantenerse entre unos límites mínimo y máximo. El inferior tiene por objeto evitar que el par en la mecha del timón sea excesivo, mientras que el superior viene obligado para que no exista desprendimiento de flujo.

$$1,4 \leq \lambda \leq 2$$

❖ Relación de espesor/cuerda del timón, E .

Si el espesor del timón es demasiado grande puede producirse un efecto nocivo sobre el funcionamiento de la hélice, debido a que puede bloquear el flujo a la salida de la misma. Los límites son:

$$0,15 \leq E \leq 0,24$$



❖ Área del timón.

Para calcular el área del timón A_T vamos a usar la recomendación de que debe estar entre el 1,5% y el 2,5% del área de deriva.

$$\text{Área de deriva} = L_{pp} \cdot T = 116 \cdot 7,4 = 858,4 m^2$$

$$A_T \geq 0,015 \cdot \text{Área de deriva} = 0,015 \cdot 858,4 = 12,876 m^2$$

$$A_T \leq 0,025 \cdot \text{Área de deriva} = 0,025 \cdot 858,4 = 21,46 m^2$$

Luego:

$$12,876 \leq A_T \leq 21,46 m^2$$

5.2 FUERZAS DEL TIMÓN.

La fuerza en el timón tiene una resultante prácticamente perpendicular a la pala, siendo la componente longitudinal casi despreciable para ángulos pequeños y no muy grande para ángulos cercanos a 35° . La fuerza útil para producir el momento de giro en el buque es la normal al plano de crujía de éste, que llamamos fuerza transversal. La relación entre fuerzas es:

$$F_n = \frac{F_t}{C}$$

Siendo: F_n la fuerza normal

F_t la fuerza transversal

C una constante $C = 1 - 0,00286 \cdot \delta$

δ ángulo de caña en grados.



Tenemos además el coeficiente de fuerza transversal $\frac{C_{ft}}{\delta} = \frac{\frac{F_t}{\delta}}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A_R \cdot V^2 \cdot (1-w)^2}$. La

relación entre el coeficiente de fuerza transversal, la geometría del timón y las características y carga de la hélice viene expresado por:

$$\frac{C_{ft}}{\delta} = \frac{2\pi \cdot \lambda}{\lambda + 2,55} \cdot (1 - 0,35 \cdot E) \cdot \left(1 + \frac{8 \cdot K_T}{\pi J^2} \cdot \frac{D}{h}\right) \cdot \frac{C_b + 0,3}{1 + 1,214 \cdot \left(1 - \exp\left(\frac{-0,3 \cdot K_T}{J^2}\right)\right)}$$

Siendo D el diámetro de la hélice y el resto de los parámetros conocidos.

Así se puede estimarse el valor del coeficiente de fuerza transversal, las relaciones F_t/δ y F_n/δ que son las fuerzas por unidad de ángulo del timón en radianes.

5.3 ÁNGULO DE DESPRENDIMIENTO DEL TIMÓN.

No se puede permitir que en la zona de trabajo del timón, alrededor de los 35°, se produzcan fenómenos de desprendimiento de flujo, que conlleva el aumento del par en la mecha y pérdida de efectividad de maniobra. Para nuestro proyecto tomaremos un ángulo de desprendimiento superior o igual a 37,5°, evitaremos coger de este modo un ángulo muy justo, ya que al ensuciarse el timón puede provocar que no cumpla con los requisitos.

Por lo tanto el ángulo de desprendimiento δ_s debe ser mayor de 35°. Tenemos pues:

$$\delta_s = 7,11 \cdot (1 + 7E) \cdot \left(1 + \frac{1,25}{\lambda}\right) \cdot \left(1 + 0,048 \cdot \sqrt{\ln\left(1 + \frac{8K_T}{\pi J^2}\right)}\right) \cdot \frac{h}{D}$$

siempre que $1 < h/D < 2$, siendo h la altura del timón y D el diámetro de la hélice.



5.4 CÁLCULO DE LAS OPCIONES.

Variaremos la relación entre la altura del timón y la altura de la mecha, la relación altura-cuerda y el espesor-cuerda, calculando el área, porcentaje respecto a la deriva y ángulo de desprendimiento, obteniendo distintas alternativas y eligiendo la óptima. Se eligen para ello alturas del timón que no superen $0,86H$ y se varían sistemáticamente para distintos valores de E y λ dentro de los límites. Se buscarán las alternativas con un mayor valor de λ ya que son las que dan menor área de timón $A_T = \frac{h^2}{\lambda}$ y por tanto un menor par sobre la mecha, menor peso y mayores huelgos.

5.5 ALTERNATIVA ESCOGIDA.

Atendiendo a lo expuesto en el punto 5.4 se escoge la alternativa para el timón con las siguientes características:

- Altura del timón.

$$h/H=0,8$$

$$h=0,79 \cdot 7,496=5,996 \text{ m} \approx 6 \text{ m}$$

- Cuerda del timón.

$$\lambda_1=1,9$$

$$c=h/\lambda=5,996/1,9=3,156 \text{ m}$$

- Espesor máximo del timón.

$$E=0,23$$

$$t=E \cdot c=0,23 \cdot 3,156=0,726 \text{ m}$$



- Ángulo de desprendimiento.

$$\delta = 37,8^\circ > 35^\circ$$

- Área del timón.

$$0,025 \cdot L_{pp} \cdot T = 21,46 > A_T = 18,93 \text{ m}^2 > 0,015 \cdot L_{pp} \cdot T = 12,876$$

Por lo que el área del timón es el 2,2% del área de deriva.

5.6 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE TIMÓN.

- ❖ Centro de presiones sobre la pala del timón. Para timones rectangulares se puede usar la siguiente expresión:

$$\frac{x}{c} = (1 - A \cdot \delta_s) \cdot (B + C \cdot \delta_s)$$

Siendo: x la distancia del centro de presiones al canto de proa del timón y c varía en función del ángulo de trabajo del timón:

$$\text{Para } \delta_s < 20^\circ \quad c = 1$$

$$\text{Para } 20^\circ < \delta_s < 35^\circ \quad c = 1,1$$

Los coeficientes se calculan por medio de las siguientes expresiones:

$$A = 0,00428$$

$$B = \frac{L}{L + 2,25} \cdot \frac{2,166 \cdot E}{1 + 0,644 \cdot \left(1 - e^{-\frac{0,378 \cdot A_T}{L^2}}\right)}$$

$$B = 0,44845227$$



$$C = \left(1,268 - 3,6 \cdot F - 0,0083 \cdot \frac{K_T}{J^2} \right) \cdot 10^{-2}$$

$$C = 0,00435402$$

Obteniendo de este modo:

$$\frac{x}{c} = (1 - 0,00428 \cdot \delta_g) \cdot (0,4122 + 0,00507402 \cdot \delta_g)$$

❖ Par en la mecha. Se puede calcular mediante la fórmula:

$$Q = F_n \cdot (x - x_0)$$

Siendo x_0 la distancia del eje de giro al canto de proa del timón.

Por lo tanto también se puede expresar el par como:

$$Q = F_n \cdot c \cdot \left(\frac{x}{c} - \frac{x_0}{c} \right)$$

F_n se calcula como se indicó en el punto 5.3. Depende de F_t cuyo cálculo se detalla a continuación:

$$F_t = 0,5 \cdot \rho \cdot A_T \cdot V_A^2 \cdot C_{ft}$$

Todos ellos valores ya conocidos, siendo $V_A = V \cdot (1 - \omega)$ la velocidad de avance en m/s y ρ la densidad del agua marina en Kg/m³.

❖ Superficie de compensación. Se calcula mediante la minimización del tamaño del servomotor, para lo cual se calcula el mínimo de la función que nos



proporciona el par, calculada en el punto anterior. Para hallarlo hay que hacer que el par a 35° sea igual al máximo relativo de la curva $Q-\delta$, haciéndose la suposición de que el timón no se suele meter más de 35° a una banda.

Tenemos por tanto que:

$$\left(\frac{\partial Q}{\partial \delta} \right)_{\delta=35^\circ} = 0$$

Obtenemos de este modo la ecuación siguiente:

$$\left[(A + B \cdot \delta) - \frac{x_0}{c} \right] \cdot \frac{1}{1 - 0,00286 \cdot \delta} + B \cdot \delta = 0$$

Sustituyendo los valores para cada caso y haciendo $\delta=35^\circ$ como ya explicamos antes, obtenemos x_0 y la superficie de compensación (S_c):

$$S_c = x_0 \cdot h = 3,631 \text{ m}^2$$

Siendo en el primer caso el área de compensación alrededor del 19,18% del área del timón. Valor inferior al 20 %.



❖ Perfil del timón.

Nuestro timón poseerá un perfil tipo NACA 00 al ser los perfiles de dicha serie simétricos. En nuestro caso usaremos en concreto el tipo 0023, que alcanza el máximo espesor en el punto situado al 70% de la cuerda desde el borde de ataque del perfil. Como el timón tiene una cuerda de 3,156 m. y un espesor máximo de 0,726 m., tendremos la siguiente relación de espesores:

%c	c (m)	% tmax	t/2 (m)	t
0	0	2,1	0,0076	0,015
10	0,316	24,1	0,0875	0,175
20	0,631	43,7	0,1586	0,317
30	0,947	61	0,2214	0,443
40	1,262	76	0,2759	0,552
50	1,578	88,2	0,3202	0,640
60	1,894	96,7	0,3510	0,702
70	2,209	100	0,3630	0,726
80	2,525	95,6	0,3470	0,694
90	2,840	78	0,2831	0,566
95	2,998	41,1	0,1492	0,298
100	3,156	0	0,0000	0,000

5.7 CÁLCULOS DE MANIOBRABILIDAD.

Para conocer la maniobrabilidad de nuestro timón, se aplican fórmulas deducidas de de buques construidos y simulaciones matemáticas.

Describiremos a continuación cuales son las propiedades de maniobrabilidad y cuáles deberían ser los valores mínimos adecuados.

5.7.1 Facilidad de Evolución.

Es la capacidad del barco para responder ante acciones del timón cuando se desea cambiar de rumbo. Se evalúa mediante la relación entre el diámetro de giro D_G y la eslora entre perpendiculares, así como con el diámetro de evolución o táctico D_T .



Según la tesis de D. Antonio Baquero como nuestro C_B está comprendido entre 0,6 y 0,8, el valor D_G/L_{pp} debe estar comprendido entre 4,2 y 3,2, obteniendo su valor por interpolación. Obteniéndose la ecuación:

$$\frac{D_G}{L_{pp}} \leq 7,2 - 5 \cdot C_B$$

En nuestro caso $C_B=0,689$ y $L_{pp}=116$ con lo que nos queda:

$$\frac{D_G}{L_{pp}} \leq 3,755$$

$$D_G \leq 435,58m$$

El diámetro de evolución se calcula mediante:

$$D_T = 1,07 \cdot D_G = 466,07m$$

Se calcula la facilidad de evolución para un ángulo de trabajo del timón de 35°.

Para hallar el diámetro de giro, tenemos que:

$$\left. \frac{F_N}{\delta_S} \right|_{\delta_S=35^\circ} = \frac{F_T / \delta_S}{1,1 \cdot \cos 35^\circ}$$

$$\frac{D_G}{L_{pp}} = \frac{2}{\sin(2 \cdot \delta_S)} \cdot 0,024 \cdot \frac{L_{pp}}{B} \cdot \frac{1}{C_B^2} \cdot \frac{M \cdot v^2}{\frac{F_N}{\delta_S} \cdot L_{pp}} \cdot \left(1 + 25 \cdot \frac{T_{pp} - T_{pr}}{L_{pp}} \right) \Big|_{\delta_S=35^\circ}$$

Siendo M el peso en rosca del buque y v la velocidad de avance.



Tomamos $M=4671$ T como se calculó en el cuaderno 1. Sustituyendo los valores obtenemos:

$$\frac{D_G}{L_{pp}} = 0,342 \leq 3,755$$

Por lo que cumple el requisito.

El criterio utilizado es más exigente que la normativa exigida a este tipo de buques, que viene regulada por la International Maritime Organisation (I.M.O.) por la resolución “Standards for Ship Maneauvrability”. Resolution MSC.137 (76) adoptada el 04 de Diciembre de 2002 y que exige en su apartado 5.3.1. que "El avance no podrá exceder 4,5 esloras (L) y el diámetro Táctico no debe exceder de 5,0 esloras en el círculo de maniobra (NOTA: previamente se define como tal al resultante de una maniobra de evolución a 35° de timón)

5.7.2 Facilidad de Gobierno.

Se define como la capacidad para mantener el rumbo con el menor accionamiento posible del timón. Esta cualidad engloba a otras como la estabilidad dinámica, la rapidez de respuesta y la estabilidad en ruta.

Las maniobras que la definen son la maniobra de zig-zag y la maniobra en espiral.

El parámetro que nos mide este factor es el ancho del posible ciclo de histéresis, usando el criterio de Gelter se supone que es aceptable una anchura menor de 4°, lo que equivale aplicando la teoría de Nomoto a:

$$\frac{1}{T_m} \geq 0,305$$



Siendo T_m el índice de Nomoto, que representa la relación que hay entre la inercia y el amortiguamiento hidrodinámico, y de una manera intrínseca la rapidez de respuesta del buque al ciclo de histéresis.

Tenemos que:

$$\frac{1}{T_M} = \frac{d_1}{K_i^2 + K_j^2} \cdot (1 + G)$$

Siendo:

$$F = \frac{C_{FT}}{\delta_S} \cdot (1 - \omega)^2 \cdot \frac{A_r}{L_{PP} \cdot T} \cdot \frac{L_{PP}}{B} \cdot \frac{1}{C_b^2} \cdot \left(1 + 25 \cdot \frac{T_{FP} - T_{PR}}{L_{PP}}\right) = 0,535$$

$$\frac{l_1}{L_{PP}} = 0,27 + 0,258 \cdot (F + 0,38)^{0,39} = 0,519$$

$$G = 0,192 \cdot \frac{L_{PP}}{B} \cdot \frac{1}{C_b^2} \cdot \left(1 + 25 \cdot \frac{T_{FP} - T_{PR}}{L_{PP}}\right) = 2,246$$

$$d_1 = \frac{l_1}{L_{PP}} - \left(0,5 + \frac{x_{cc}}{L_{PP}}\right) = 0,575$$

Y los valores recomendados por el profesor D. Antonio Baquero en su tesis doctoral son $K_i=0,24$ y $K_j=0,185$.

$$\frac{1}{T_M} = 4,39 \geq 0,305$$

Por lo tanto nuestro timón cumple con los requisitos de facilidad de gobierno.



5.7.3 Facilidad de cambio de rumbo.

Se define como la capacidad para realizar cambios moderados de trayectoria, posición y rumbo en reducido espacio y tiempo. Engloba a los dos anteriores. Se evalúa observando dos valores:

Las características de maniobrabilidad reguladas por la O.M.I. son:

I. Diámetro de giro.

$$D_G = L \cdot \left(4,19 - 203 \cdot \frac{C_B}{\delta_S} + 47,4 \cdot \frac{T_{PP} - T_{PR}}{L_{PP}} - 13 \cdot \frac{B}{L_{PP}} + \frac{194}{\delta_S} - 35,8 \cdot \frac{A_T}{L_{PP} \cdot T} \right) \Big|_{\delta_S = 30^\circ}$$

$$D_G = 300,89 \text{ m}$$

II. Diámetro Táctico.

No debe exceder 5 veces la eslora en la curva de evolución.

$$D_T = L_{PP} \cdot \left(0,91 \cdot \frac{D_G}{L_{PP}} + 0,234 \cdot \frac{v}{\sqrt{L_{PP}}} + 0,675 \right) = 367,95$$

$$D_T \leq 5 \cdot 116 = 580 \text{ m}$$

Con lo que nuestro timón cumple el criterio.

III. Avance.

No debe ser superior a 4,5 veces la eslora en la curva de evolución.

$$AV = L_{PP} \cdot \left(0,519 \cdot \frac{D_T}{L_{PP}} + 1,33 \right) = 345,24 \text{ m}$$



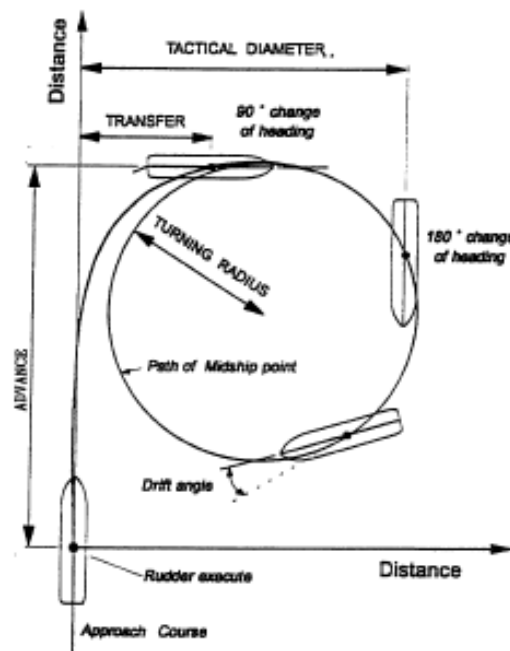
$$AV \leq 4,5 \cdot 116 = 522 \text{ m}$$

Con lo que nuestro timón cumple el criterio.

IV. Caída o transferencia.

Se obtiene mediante la fórmula:

$$TR = L_{DP} \cdot \left(0,497 \cdot \frac{D_T}{L_{DP}} - 0,065 \right) = 175,33 \text{ m}$$



5.7.4 Potencia del Servomotor.

El servomotor del timón ha de ser capaz de pasar el timón de 35° de una banda a 30 ° de la opuesta en 28 segundos como máximo. La velocidad angular media que requiere esta exigencia será:



$$\omega = 0,0405 \text{ rad/s}$$

Para conocer la fuerza y el momento en el timón, usaremos las fórmulas del Bureau Veritas, Parte B, capítulo 10, Sección 1, que serán:

$$C_R = 132 \cdot n_R \cdot A_T \cdot v^2 \cdot r_1 \cdot r_2 \cdot r_3$$

Siendo:

C_R , la fuerza en el timón en N.

n_R , el coeficiente de navegación. Suponemos que nuestro barco no tendrá ninguna restricción a la navegación, por lo que será igual a 1.

v , la velocidad de avance en nudos.

r_1 , factor de formas que será igual a $r_1 = \frac{\lambda + 2}{3}$

A_T , el área en m^2 del timón.

r_2 , coeficiente que viene dado por el perfil del timón, en nuestro caso vale 1,1 al suponer que el timón tendrá un perfil NACA 00.

r_3 , coeficiente que viene dado por la posición del timón respecto a la hélice, en nuestro caso lo tomaremos igual a 1.

De este modo tenemos $C_R = 533287,74 \text{ N}$

El momento en el timón lo obtendremos de la ecuación:

$$M_{TR} = C_R \cdot r$$

$$r = b \cdot \left(\alpha - \frac{A_c}{A_T} \right)$$

Siendo:



b la cuerda principal del timón.

α un coeficiente, que en nuestro caso será igual a 0,33.

Con ello obtenemos $M_{TR} = 232576,09 \text{ N} \cdot \text{m}$

Por lo tanto la potencia del servo será:

$$P = \omega \cdot M_{TR} = 10,46 \text{ KW}$$

Suponiendo un rendimiento mecánico del 65%, eléctrico del 85% y aplicando un margen de seguridad del 5% tendremos una potencia eléctrica igual a:

$$P_e = \frac{P}{0,85 \cdot 0,65} \cdot 1,05 \approx 20 \text{ KW}$$

**INDICE:**

1	INTRODUCCIÓN.....	4
2	DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO.....	10
2.1	ESLORA DE ESCANTILLONADO O ESLORA REGLAMENTARIA.....	10
2.2	MANGA.	10
2.3	PUNTAL.	10
2.4	CALADO DE ESCANTILLONADO.	10
2.5	COEFICIENTE DE BLOQUE.	11
3	MOMENTOS FLECTORES.....	11
3.1	MOMENTO FLECTOR EN QUEBRANTO.	11
3.2	MOMENTO FLECTOR EN ARRUFO.	11
3.3	MÓDULO MÍNIMO.....	13
3.4	MOMENTO VERTICAL EN AGUAS TRANQUILAS EN QUEBRANTO: ...	13
3.5	MOMENTO VERTICAL EN AGUAS TRANQUILAS EN ARRUFO:	13
4	ESFUERZO CORTANTE.....	17
4.1	ESFUERZO CORTANTE DEBIDO AL OLEAJE.	17
4.2	ESFUERZO CORTANTE EN AGUAS TRANQUILAS.....	18
5	CARGAS DE DISEÑO	20
5.1	PRESIONES MARINAS.....	20
5.1.1	Presión de olas en cubiertas expuestas, caso a y b.	22
5.1.2	Presión de oleaje en casos c y d.	23
5.2	PRESIÓN INTERNA EN TANQUES.	24
5.2.1	Presión interna en tanques en aguas tranquilas.	24
5.2.2	Presión interna en tanques debida a las inercias de carga.	24
6	ESCANTILLONADO DE LA CUADERNA MAESTRA	25
6.1	ESTRUCTURA LONGITUDINAL.	25
6.1.1	Quilla y fondo.	28
6.1.2	Pantoque.	29
6.1.3	Forro exterior.	30
6.1.4	Forro interior.....	31
6.1.5	Cubierta principal.	33
6.1.6	Cubierta del cajón de torsión.	34
6.1.7	Fondo de bodega.....	35
6.1.8	Vagras.....	35
6.2	ESTRUCTURA TRANSVERSAL.....	36
6.2.1	Varengas.	36
6.2.2	Bulárcama de tanque de lastre.	37
6.2.3	Bulárcama del cajón de torsión.....	37
6.2.4	Cartelas y otros refuerzos transversales.	37
6.2.5	Mamparo transversal.....	38



7	CALCULOS DE RESISTENCIA LOCALES	39
7.1	CARGAS EN EL DOBLE FONDO.	39
7.2	PANDEO.....	43
8	COMPROBACION DE TENSIONES SEGÚN EL REGLAMENTO	44
9	CALCULO DE LAS TENSIONES TANGENCIALES	45
10	CALCULO DE LAS TENSIONES TANGENCIALES DEBIDAS AL MOMENTO TORSOR	46
11	ESTUDIO DE TESIONES COMBINADAS.....	47
12	ANEXOS	48



Proyecto 1624

PORTACONTENEDORES 650 TEU'S

Cuaderno 6: **RESISTENCIA ESTRUCTURAL**



1 INTRODUCCIÓN

En este cuaderno se estudiará los requisitos de resistencia estructurales que ha de cumplir nuestro buque según lo estipulado por el Bureau Veritas. La Sociedad de Clasificación recoge esta normativa en su Parte B, sobre todo en el capítulo 7 que habla sobre el escantillonado y en la Parte E que recoge criterios específicos que deben cumplir los portacontenedores.

Como ya se comentó con anterioridad en otros cuadernos, nuestro buque será de doble casco, constituyendo la parte superior de los costados lo que se denomina como “cajón de torsión”. Se trata de una estructura diseñada con una doble función, la primera la de absorber las tensiones que se producen en cubierta, pues al ser una embarcación con grandes escotillas se generan altos esfuerzos de torsión y la segunda la de servir de pasillo interno que proteja de las inclemencias del tiempo a la tripulación, tuberías, cables y otras conexiones.

Las ventajas que se tendrán al haber optado por el doble casco son las siguientes:

- Mejor aprovechamiento de las bodegas ya que proporcionará un mejor acceso de la carga al tener mamparos lisos que facilitan las maniobras de estiba.
- Versatilidad en la disposición de tanques de lastre y combustible que facilitarán corregir escoras en las distintas condiciones de servicio.

La estructura se dispondrá longitudinalmente tanto en el doble fondo como en el “cajón de torsión”, pues reducirá los esfuerzos de flexión y el peso de la estructura. El Bureau Veritas permite disposición transversal o longitudinal de la estructura pero optaremos por esta última ya que reducirá el peso de la estructura y facilitará el ensamblaje de los distintos bloques.

Se tendrá una clara de cuadernas de 700 mm en la cámara de máquinas y zona de bodegas y de 610 mm en los piques de proa y popa.



En las bodegas habrá una bulárcama cada tres claras de cuadernas ya que nuestra eslora es de 25,2 m en cada bodega. De este modo como en cada bodega habrá cuatro contenedores de 20' o dos de 40' se tendrá una bulárcama aproximadamente en la unión de dos contenedores. Las vagras se dispondrán en las uniones longitudinales de dos contenedores, por lo que habrá 6 vagras. De este modo en cada esquina de los contenedores habrá un nudo formado por la intersección de las varengas y vagras. Las bodegas se cerrarán por mamparos verticales que reforzarán la estructura. Entre bodegas habrá un espacio de 2,1 m en los que se podrá almacenar combustible y/o lastre.

La cámara de máquinas se reforzará de manera importante debido a las tensiones y vibraciones que generará el motor principal durante su funcionamiento. Se dispondrá de una varenga en cada cuaderna y vagras bajo los polines de transmisión de esfuerzos. Del mismo modo se estructurarán ambos piques.

Como se ha dicho en cuadernos anteriores, el material que se empleará en la fabricación de esta embarcación será el acero. El tipo de acero que se empleará vendrá definido por la calidad, grado, resistencia según su espesor, localización, etc. El bureau Veritas da una serie de tablas en las que se muestran las distintas calidades y los requerimientos de éstos en las distintas zonas.

Al ser un barco abierto (grandes bodegas), provocará una gran concentración de peso en la parte baja por lo que el eje neutro se encontrará bastante bajo. Esto generará altas tensiones en la cubierta, para soportarlas se tendrá un aumento en los espesores de las planchas de acero de ella o como opción se puede optar por aceros de alta resistencia (HTC). En función de estas tensiones máximas, se decidirá más adelante la adopción de una u otra opción.



El factor del material k vendrá dado por la tabla definida en el reglamento del Bureau veritas siguiente:

R_{eH} (N/mm ²)	k
235	1
315	0,78
355	0,72
390	0,7

Esta otra tabla nos indicará los tipos de acero en función del espesor y límite elástico:

Grados del acero	Límite elástico R_{eH} (Nmm ²)	Límite extremo R_m (N/mm ²)
A-B-D-E	235	400-520
$t \leq 100$ mm		
AH32-DH32-EH32	315	440-590
$t \leq 100$ mm		
FH 32		
$t \leq 50$ mm	355	490-620
AH36-DH36-EH36		
$t \leq 100$ mm		
FH 36		
$t \leq 50$ mm	390	510-650
AH40-DH40-EH40-FH40		
$t \leq 50$ mm		



Esta tabla nos indicará la categoría en la que se clasifican los diferentes miembros estructurales dependiendo de su contribución a la resistencia longitudinal:

Miembro estructural	Dentro del 0,4 L de la sección media	Fuera del 0,4 L
Secundaria:		
Planchas de cubiertas expuesta a la intemperie (general)	I	A/AH
Plancha de forro lateral		
Primaria:		
Plancha de fondo de quilla.	II	A/AH
Cubierta resistente.		
Traca vertical de trancanil.		
Especial:		
Traca de cinta en cubierta resistente.		
Trancanil en cubierta resistente.	III	II (I fuera 0,6 L de la sección media)
Pantoque.		
Brazola		

Con respecto a esta última tabla habrá dos puntualizaciones:

- En la cubierta resistente primaria se usará clase III o E/EH en zonas de alta tensión.
- En el pantoque especial deberá ser de clase II en buques de doble fondo total y esloras menores a 150 m.



En los buques portacontenedores deberá existir una continuidad de clase de material y escantillón a lo largo de la eslora en el cajón de torsión.

Esta tabla mostrará los grados de calidad del acero en función del espesor y la categoría:

Espesor (mm)	Clase I NSS	Clase I HSS	Clase II NSS	Clase II HSS	Clase III NSS	Clase III HSS
$t \leq 15$	A	AH	A	AH	A	AH
$15 < t \leq 20$	A	AH	A	AH	B	AH
$20 < t \leq 25$	A	AH	B	AH	D	DH
$25 < t \leq 30$	A	AH	D	DH	D	DH
$30 < t \leq 35$	B	AH	D	DH	E	EH
$35 < t \leq 40$	B	AH	D	DH	E	EH
$40 < t \leq 50$	D	DH	E	EH	E	EH

Siendo NSS acero normal y HSS acero de alta resistencia.

Los escantillones que se obtendrán de las fórmulas del reglamento serán valores netos por lo que se debería añadir un factor de corrección por corrosión obtenido de la siguiente tabla:

Tipo de compartimento		General	Casos Especiales
Tanques de lastre		1	1,25 zonas altas
Tanques de carga y HFO	Planchas horizontales.	0,75	1 zonas altas
	Planchas no horizontales.	0,5	1 zonas altas
	Refuerzos primarios y ordinarios.	0,75	1 zonas altas
Bodega de carga seca	General.	1	



Plancha de doble fondo.		
Plancha interna de costado.	1,75	
Plancha de mamparo transversal.		
Cuadernas, refuerzos primarios y ordinarios.	1	1,5 zonas bajas
Otros compartimentos no mencionados al aire	0,5	



2 DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO.

2.1 ESLORA DE ESCANTILLONADO O ESLORA REGLAMENTARIA

Se definirá como la distancia medida en la flotación de verano desde la cara popel de la mecha del timón hasta la intersección de la roda. Deberá estar comprendida entre el 96% y 97% de la eslora a ese calado. Se tomará como el 97 %.

$$L_{rl} = 115,52 \text{ m} \quad L = 0,97 \cdot L_{rl} = \text{m} \approx 112,06 \text{ m}$$

2.2 MANGA.

Será la máxima manga de trazado.

$$B = 21 \text{ m}$$

2.3 PUNTAL.

Será la distancia medida en la mitad de la eslora en el costado desde la línea de base hasta la parte superior de la cubierta.

$$D = 12,2 \text{ m}$$

2.4 CALADO DE ESCANTILLONADO.

No será menor que, medido a mitad de la eslora desde la línea de base, al calado de verano.



$$T_0 = 7,42 \text{ m}$$

2.5 COEFICIENTE DE BLOQUE.

Será el referido al calado de escantillonado, la eslora de escantillonado y la manga máxima. Se obtendrá de las curvas hidrostáticas definidas en el cuaderno 4.

$$C_b = 0,689$$

3 MOMENTOS FLECTORES.

El momento flector al que estará sometida nuestra embarcación estará formado por dos sumandos. Uno de estos sumandos será el momento flector vertical debido a olas, valor que vendrá definido por la reglamentación del Bureau Veritas, existirá un momento flector en arrufo y otro en quebranto. Se definirán como:

3.1 MOMENTO FLECTOR EN QUEBRANTO.

$$M_{WVQ} = 190 \cdot P_H \cdot n \cdot C \cdot L^2 \cdot B \cdot C_b \cdot 10^{-3} = 282145,91 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

3.2 MOMENTO FLECTOR EN ARRUFOS.

$$M_{WVS} = -110 \cdot P_H \cdot n \cdot C \cdot L^2 \cdot B \cdot (C_b + 0,7) \cdot 10^{-3} = -329303,13 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

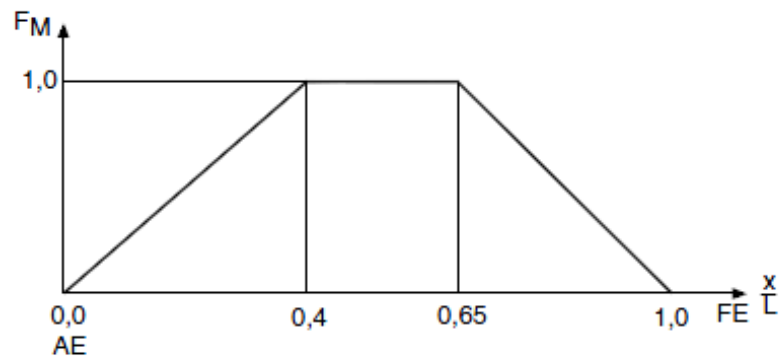
Siendo:

- C , parámetro de oleaje que como nuestro barco tendrá la eslora comprendida entre 90 m y 300 m, tomará el siguiente valor:



$$C = 10,75 - \left(\frac{300 - L}{100} \right)^{1,5} = 8,17$$

- F_M , factor de distribución, como la cuaderna maestra estará situada dentro de la zona central del buque, será igual a 1. El valor de F_M viene definido por la gráfica siguiente:



Hull transverse section location	Distribution factor F_M
$0 \leq x < 0,4 L$	$2,5 \frac{x}{L}$
$0,4 L \leq x \leq 0,65 L$	1
$0,65 L < x \leq L$	$2,86 \left(1 - \frac{x}{L} \right)$

- n , será igual que n_1 , al considerar la navegación sin restricciones, por lo tanto se tomarán igual a 1. n y n_1 son los denominados coeficientes de navegación. Vendrán dados por la siguiente tabla:



Navigation notation	Navigation coefficient n	Navigation coefficient n_1
Unrestricted navigation	1,00	1,00
Summer zone	0,90	0,95
Tropical zone	0,80	0,90
Coastal area	0,80	0,90
Sheltered area	0,65	0,80

El segundo sumando será el debido al momento vertical en aguas tranquilas, dicho valor se calculará en el cuaderno 9 y deberá ser menor que el obtenido entonces. El reglamento del Bureau Veritas permitirá el uso de una estimación basada en el módulo mínimo, al no tener dicho valor, mediante las expresiones siguientes:

3.3 MÓDULO MÍNIMO.

Se obtendrá con la siguiente expresión al ser el coeficiente de bloque menor o igual a 0,8:

$$Z_{min} = n_1 \cdot C \cdot L^2 \cdot B \cdot (C_b + 0,7) \cdot k \cdot 10^{-6} = 2,994 \cdot k \cdot m^3$$

k será un coeficiente del material dependiente del límite elástico R_{eH} .

3.4 MOMENTO VERTICAL EN AGUAS TRANQUILAS EN QUEBRANTO:

$$M_{SWH, H} = 175 \cdot n_1 \cdot C \cdot L^2 \cdot B \cdot (C_b + 0,7) \cdot 10^{-3} - M_{WVS} = 241755,44 \text{ KN} \cdot m$$

3.5 MOMENTO VERTICAL EN AGUAS TRANQUILAS EN ARRUFO:

$$M_{SWH, S} = 175 \cdot n_1 \cdot C \cdot L^2 \cdot B \cdot (C_b + 0,7) \cdot 10^{-3} + M_{WVS} = 194588,22 \text{ KN} \cdot m$$



Se considerará también el momento flector horizontal en olas que vendrá dado por la expresión:

$$M_{WH} = 0,42 \cdot F_H \cdot n \cdot H \cdot L^2 \cdot T \cdot C_b = 149493,73 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

Siendo H un parámetro de la ola que vendrá definido por la expresión:

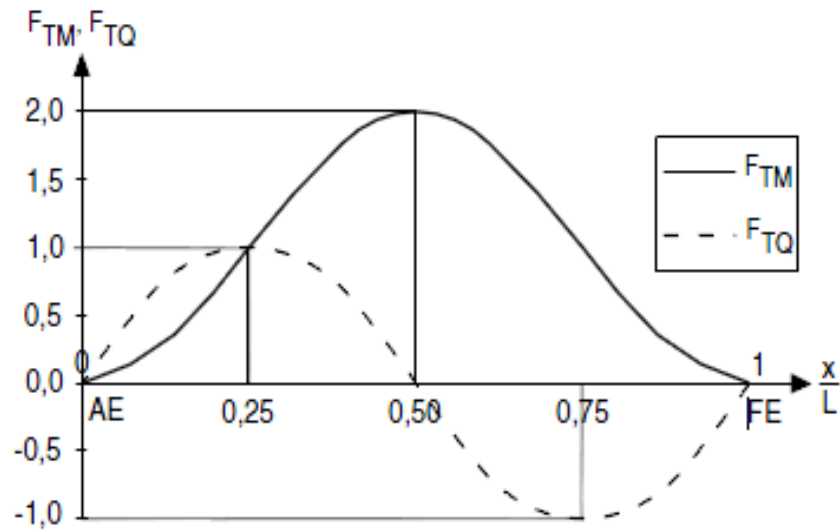
$$H = 8,13 - \left(\frac{250 - 0,7 \cdot L}{125} \right)^2 = 5,545$$

Debido a la disposición de la cuaderna maestra se necesitará realizar un estudio de torsión del buque. Se usará para ello la expresión definida en el reglamento para el momento torsor en olas, ante olas cuya dirección forman 60° con la trayectoria (1ª condición) y 120° (2ª condición):

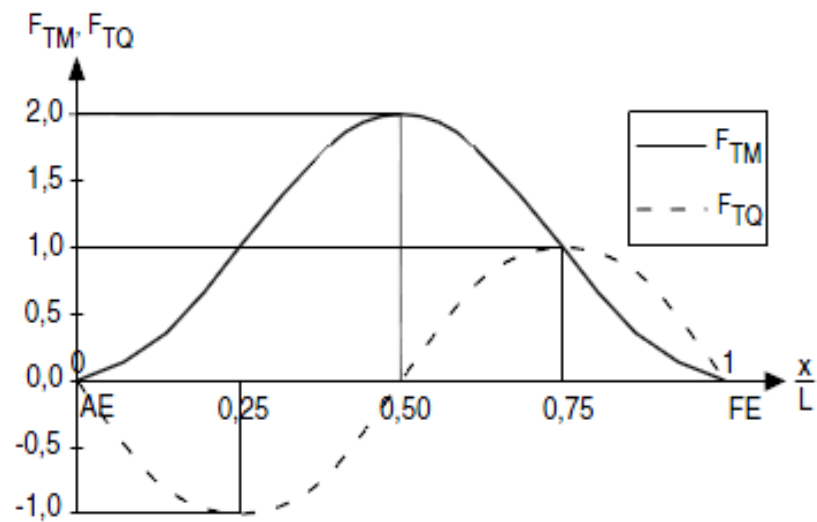
$$M_{WT} = \frac{H \cdot L}{4} \cdot n \cdot (F_{TH} \cdot C_H + F_{TQ} \cdot C_Q \cdot d) = 42688,66 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

Siendo:

- F_{TH} , F_{TQ} factores de distribución definidos para ambas condiciones como:



Condición 1



Condición 2

Ship condition	Distribution factor F_{TM}	Distribution factor F_{TQ}
1	$1 - \cos \frac{2\pi x}{L}$	$\sin \frac{2\pi x}{L}$
2	$1 - \cos \frac{2\pi(L-x)}{L}$	$\sin \frac{2\pi(L-x)}{L}$



- C_M , el coeficiente torsor de olas que vendrá dado por la expresión:

$$C_M = 0,45 \cdot B^2 \cdot C_{qv}^2 = 133$$

$$C_{qv} = 0,165 + 0,95 \cdot C_v = 0,8176$$

- C_Q , el coeficiente cortante horizontal de olas, que vendrá dado por la expresión:

$$C_Q = 5 \cdot T \cdot C_t = 25,562$$

- d , la distancia vertical del centro de torsión hasta $0,6 T$.

Además el reglamento indica que se deberá considerar la incidencia que la distribución de carga puede tener en un portacontenedores. Se tendrá por tanto la siguiente expresión:

$$M_{SWT} = 31,4 \cdot P_T \cdot S \cdot T \cdot B = 20771,1 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

Siendo:

- F_T , un factor de distribución definido por la siguiente tabla:

Hull transverse section location	Distribution factor F_T
$0 \leq x < 0,5 L$	x / L
$0,5 L \leq x \leq L$	$(1 - x / L)$

Por lo tanto a la mitad del buque $F_T=0,5$.



- S, el número de contenedores en manga.
- T, el número de contenedores en puntal en crujía excluyendo contenedores apoyados en la cubierta o sobre las tapas de bodegas.

El momento de inercia mínimo se obtendrá como:

$$I_{yz} = 3 \cdot Z_{R,min}^2 \cdot L \cdot 10^{-2}$$

Siendo:

- $Z'_{R,min}$, será igual a $Z_{R,min}$ pero con k igual a 1.

4 ESFUERZO CORTANTE

Se dividirá en aguas tranquilas y debido al oleaje. Se obtendrán de la siguiente manera:

4.1 ESFUERZO CORTANTE DEBIDO AL OLAJE.

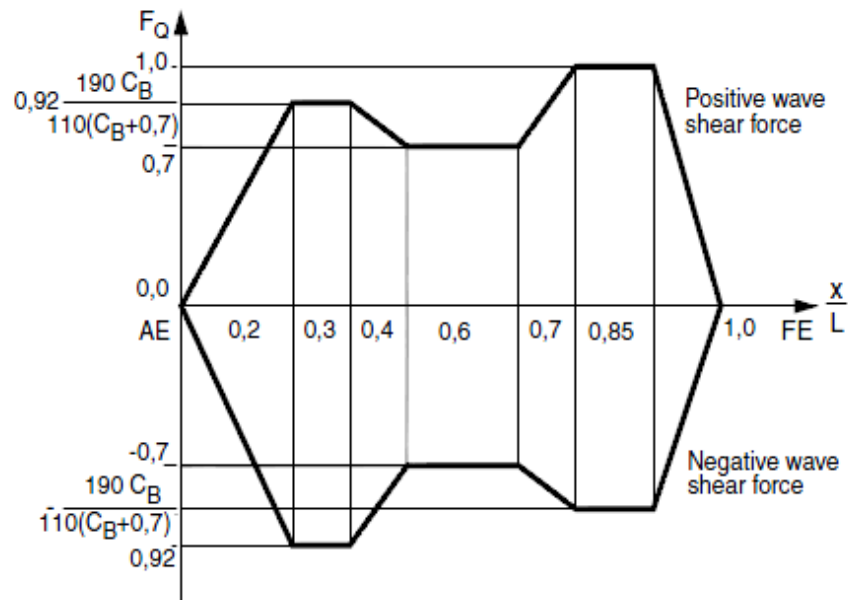
$$Q_{wy} = 30 \cdot F_Q \cdot n \cdot C \cdot L \cdot B \cdot (C_b + 0,7) \cdot 10^{-2} = 5783,8 \text{ KN}$$

Siendo:

- F_Q , un parámetro de distribución cortante en olas que se obtendrá de las siguientes tablas.



Hull transverse section location	Distribution factor F_Q	
	Positive wave shear force	Negative wave shear force
$0 \leq x < 0,2 L$	$4,6 A \frac{x}{L}$	$-4,6 \frac{x}{L}$
$0,2 L \leq x \leq 0,3 L$	$0,92 A$	$-0,92$
$0,3 L < x < 0,4 L$	$(9,2 A - 7) \left(0,4 - \frac{x}{L}\right) + 0,7$	$-2,2 \left(0,4 - \frac{x}{L}\right) - 0,7$
$0,4 L \leq x \leq 0,6 L$	$0,7$	$-0,7$
$0,6 L < x < 0,7 L$	$3 \left(\frac{x}{L} - 0,6\right) + 0,7$	$-(10 A - 7) \left(\frac{x}{L} - 0,6\right) - 0,7$
$0,7 L \leq x \leq 0,85 L$	1	$-A$
$0,85 L < x \leq L$	$6,67 \left(1 - \frac{x}{L}\right)$	$-6,67 A \left(1 - \frac{x}{L}\right)$
Note 1: $A = \frac{190 C_B}{110(C_B + 0,7)}$		



4.2 ESFUERZO CORTANTE EN AGUAS TRANQUILAS.

$$Q_F = \varepsilon \cdot \left(\frac{110}{k \cdot \delta} \cdot \frac{I_T \cdot t}{S} + \Delta Q_a \right) - Q_{wv} = 33644 \text{ KN}$$



Siendo:

- ε , el signo del esfuerzo.
- I_Y , el momento de inercia de la sección normal, $25,87 \text{ m}^4$.
- t , el mínimo espesor de las planchas del costado.
- S , el momento singular por encima del eje neutro, $3,2552 \text{ m}^3$.
- δ , coeficiente de distribución definido por la siguiente tabla:

Ship typology	Location	t , in mm	δ	Meaning of symbols used in the definition of δ
Single side ships without effective longitudinal bulkheads See Fig 3 (a)	Sides	t_s	0,5	
Double side ships without effective longitudinal bulkheads See Fig 3 (b)	Sides	t_s	$(1 - \Phi) / 2$	$\Phi = 0,275 + 0,25 \alpha$ $\alpha = t_{ISM} / t_{SM}$
	Inner sides	t_{IS}	$\Phi / 2$	
Double side ships with one effective longitudinal bulkhead See Fig 3 (c)	Sides	t_s	$(1 - \Phi)\Psi / 2$	$\Phi = 0,275 + 0,25 \alpha$ $\alpha = t_{ISM} / t_{SM}$ $\Psi = 1,9\beta \left[\gamma \left(2\delta + 1 + \frac{1}{\alpha_0} \right) - 0,17 \right]$ $\chi = \frac{\Psi}{0,85 + 0,17\alpha}$ $\alpha_0 = \frac{0,5t_{BM}}{t_{SM} + t_{ISM}}$ $\beta = \frac{0,75}{3\delta + \alpha_0 + 1}$ $\gamma = \frac{2\delta + 1}{4\delta + 1 + \frac{1}{\alpha_0}}$ $\delta = \frac{B}{2D}$
	Inner sides	t_{IS}	$\Phi\Psi / 2$	
	Longitudinal bulkhead	t_B	$1 - \chi$	

Note 1:
 t_s, t_{IS}, t_B : Minimum thicknesses, in mm, of side, inner side and longitudinal bulkhead plating, respectively
 t_{SM}, t_{ISM}, t_{BM} : Mean thicknesses, in mm, over all the strakes of side, inner side and longitudinal bulkhead plating, respectively. They are calculated as $\Sigma(\ell_i t_i) / \Sigma \ell_i$, where ℓ_i and t_i are the length, in m, and the thickness, in mm, of the i^{th} strake of side, inner side and longitudinal bulkhead.

- ΔQ_c , factor de corrección definido por la expresión:

$$\Delta Q_c = \alpha \cdot \left| \frac{P}{B \cdot t_s} - \rho \cdot r \right|$$

α se obtendrá de la tabla anterior.



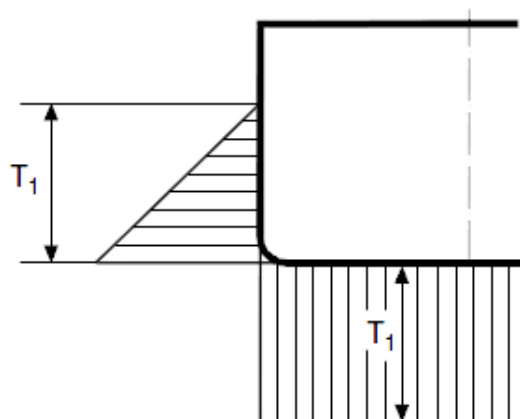
5 CARGAS DE DISEÑO

Se establecerán, para cada zona de la embarcación, dependiendo del tipo de presión a la que se encuentra sometida. En los distintos apartados se darán distintas cargas de diseño en función del esfuerzo considerado, la altura de las tracas y requerimientos definidos en el Bureau Veritas. Se deberán coger todas aquellas que suponen una mayor exigencia. Habrá que coger también una serie de casos que establece el reglamento de la sociedad de clasificación para el buque adrizado e inclinado, vendrán dados como caso a, b, c, d.

5.1 PRESIONES MARINAS.

- Presión en aguas tranquilas. Nuestro calado será de 7,42 m, así tendremos que:

Localización	P_s , presión en aguas tranquilas (KN/m ²)
$z \leq 7,42$ m	$\rho \cdot g \cdot (T_1 - z)$
$z > 7,42$ m	0



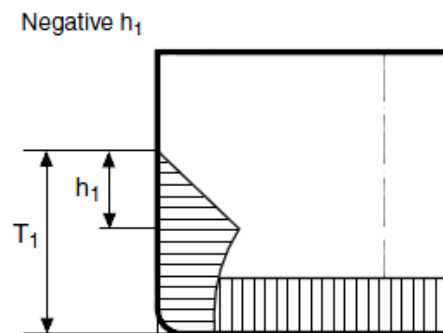
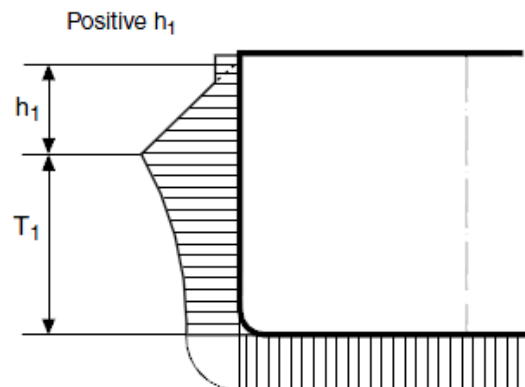
- Presión de oleaje en casos a y b.



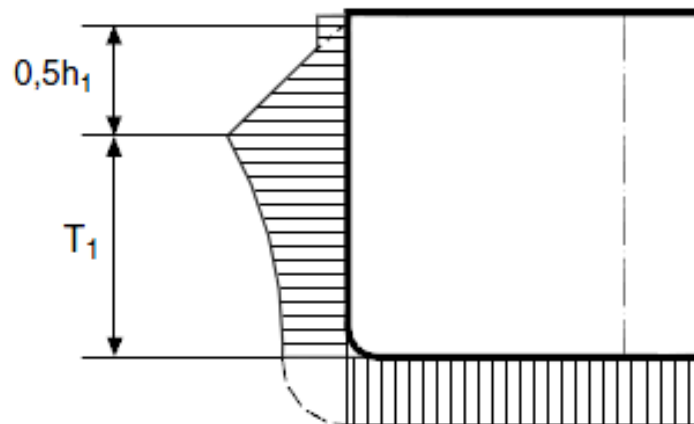
Su valor estará definido por las siguientes tablas:

Location	Wave pressure p_{Wv} in kN/m ²	
	Crest	Trough (1)
Bottom and sides below the waterline ($z \leq T_1$)	$\rho g h e^{\frac{-2\pi(T_1-z)}{L}}$	$-\rho g h e^{\frac{-2\pi(T_1-z)}{L}}$ without being taken less than $\rho g (z - T_1)$
Sides above the waterline ($z > T_1$)	$\rho g (T_1 + h - z)$ without being taken, for case "a" only, less than $0,15 L$	0,0
<p>(1) The wave pressure for load case "b, trough" is to be used only for the fatigue check of structural details (see Ch 7, Sec 4).</p> <p>Note 1: $h = C_{F1} h_1$ C_{F1} : Combination factor, to be taken equal to:</p> <ul style="list-style-type: none"> • $C_{F1} = 1,0$ for load case "a" • $C_{F1} = 0,5$ for load case "b". 		

Presión de oleaje en costados y fondo en los casos a y b (buque adrizado)



Caso a



Caso b

5.1.1 Presión de olas en cubiertas expuestas, caso a y b.

Vendrá dada por las expresiones que indican las tablas siguientes:

Location	Wave pressure p_w , in kN/m ²	
	Crest	Through
$0 \leq x \leq 0,5 L$	$17,5 n \varphi_1 \varphi_2$	0
$0,5 L < x < 0,75 L$	$\left\{ 17,5 + \left[\frac{19,6 \sqrt{H_f} - 17,5}{0,25} \right] \left(\frac{x}{L} - 0,5 \right) \right\} n \varphi_1 \varphi_2$	0
$0,75 L \leq x \leq L$	$19,6 n \varphi_1 \varphi_2 \sqrt{H}$	0

Note 1:

$$H = C_{F1} \left[2,66 \left(\frac{x}{L} - 0,7 \right)^2 + 0,14 \right] \sqrt{\frac{VL}{C_B}} - (z - T_1) \quad \text{without being taken less than } 0,8$$

φ_1 : Coefficient defined in Tab 2
 φ_2 : Coefficient taken equal to:

- $\varphi_2 = 1$ if $L \geq 120$ m
- $\varphi_2 = L/120$ if $L < 120$ m

 H_f : Value of H calculated at $x = 0,75 L$
 C_{F1} : Combination factor, to be taken equal to:

- $C_{F1} = 1,0$ for load case "a"
- $C_{F1} = 0,5$ for load case "b"

 V : Maximum ahead service speed, in knots, to be taken not less than 13 knots.

Presión de oleaje en cubiertas expuestas en los casos a y b (buque adrizado)



Table 2 : Coefficient for pressure on exposed decks

Exposed deck location	ϕ_1
Freeboard deck	1
Superstructure deck	0,75
1st tier of deckhouse	0,56
2nd tier of deckhouse	0,42
3rd tier of deckhouse	0,32
4th tier of deckhouse	0,25
5th tier of deckhouse	0,20
6th tier of deckhouse	0,15
7th tier of deckhouse and above	0,10

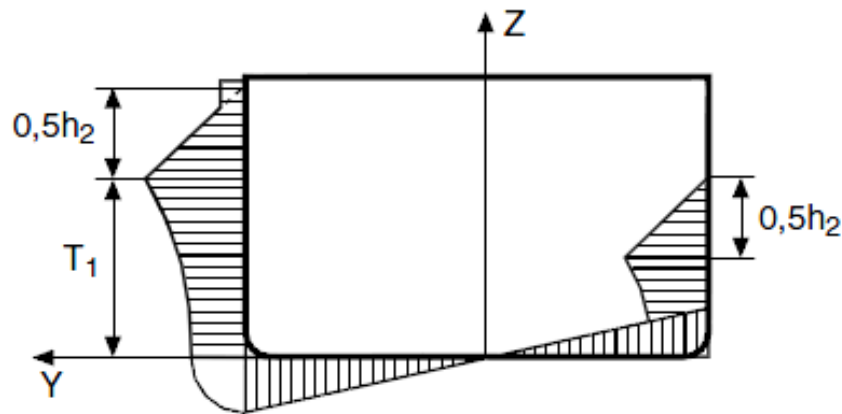
En nuestro caso $P_w = 17,5 \cdot \pi \cdot \phi_1 \cdot \phi_2$ con ϕ_1 y ϕ_2 iguales a 1.

5.1.2 Presión de oleaje en casos c y d.

Su valor estará definido por las siguientes tablas:

Location	Wave pressure p_w , in kN/m ² (negative roll angle)	
	$y \geq 0$	$y < 0$
Bottom and sides below the waterline ($z \leq T_1$)	$C_{f2} \rho g \left[\frac{y}{B_W} h_1 e^{\frac{-2\pi(T_1-z)}{L}} + A_R y e^{\frac{-\pi(T_1-z)}{L}} \right]$	$C_{f2} \rho g \left[\frac{y}{B_W} h_1 e^{\frac{-2\pi(T_1-z)}{L}} + A_R y e^{\frac{-\pi(T_1-z)}{L}} \right]$ without being taken less than $\rho g (z - T_1)$
Sides above the waterline ($z > T_1$)	$\rho g \left[T_1 + C_{f2} \left(\frac{y}{B_W} h_1 + A_R y \right) - z \right]$ without being taken, for case "c" only, less than $0,15 L$	0
Exposed decks	$0,4 \rho g \left[T_1 + C_{f2} \left(\frac{y}{B_W} h_1 + A_R y \right) - z \right]$ without being taken, for case "c" only, less than $0,15 \phi_1 \phi_2 L$	0
Note 1: ϕ_1 : Coefficient defined in Tab 2 ϕ_2 : Coefficient defined in Tab 4 C_{f2} : Combination factor, to be taken equal to: <ul style="list-style-type: none"> $C_{f2} = 1,0$ for load case "c" $C_{f2} = 0,5$ for load case "d" B_W : Moulded breadth, in m, measured at the waterline at draught T_1 , at the hull transverse section considered A_R : Roll amplitude, defined in Ch 5, Sec 3, [2.4.1].		

Presión de oleaje en costados y fondo en los casos c y d (buque escorado)



Casos c y d.

5.2 PRESIÓN INTERNA EN TANQUES.

5.2.1 Presión interna en tanques en aguas tranquilas.

Su valor se obtendrá mediante las siguientes expresiones:

$$P_s = \rho_l \cdot g \cdot (z_t - z)$$

Siendo:

- ρ_l , densidad del líquido que hay en el interior del tanque.
- $z_t = z_{top} + 0,5 \cdot (z_{ap} - z_{top})$
- z_{top} , el punto más alto del tanque desde la línea base.
- z_{ap} , la distancia sobre cubierta de los respiraderos del tanque desde la línea base.

5.2.2 Presión interna en tanques debida a las inercias de carga.

Se obtendrá de las siguientes tablas:



Ship condition	Load case	Inertial pressure p_w , in kN/m^2
Upright	“a”	No inertial pressure
	“b”	$\rho_L[0, 5 a_{x1} \ell_B + a_{z1}(z_{TOP} - z)]$
Inclined (negative roll angle)	“c”	$\rho_L[a_{Ty}(y - y_H) + a_{Tz}(z - z_H) + g(z - z_{TOP})]$
	“d”	

Note 1:

ℓ_B : Longitudinal distance, in m, between the transverse tank boundaries, without taking into account small recesses in the lower part of the tank (see Fig 1)

a_{Ty}, a_{Tz} : Y and Z components, in m/s^2 , of the total acceleration vector defined in [1.1.3] for load case “c” and load case “d”

y_H, z_H : Y and Z co-ordinates, in m, of the highest point of the tank in the direction of the total acceleration vector, defined in [1.1.4] for load case “c” and load case “d”.

6 ESCANTILLONADO DE LA CUADERNA MAESTRA

6.1 ESTRUCTURA LONGITUDINAL.

Se realizará el escantillonado de las planchas y refuerzos ordinarios y primarios. El reglamento del Bureau Veritas indicará las fórmulas empleadas para el cálculo de los distintos elementos. Se obtendrá de este modo los espesores y módulos mínimos netos a los que habrá que añadir el factor de corrección por corrosión, que ya se vio en una tabla anteriormente. Las presiones con las que se calcularán los espesores y módulos serán:

Zona	P_s (KN/m^2)	P_w (KN/m^2)	Caso de análisis
Quilla	74.61	31.63	a
Fondo	74.61	31.63	a
Pantoque	73.5	39.44	c+
Forro exterior, plancha inferior	51.46	50.01	c+
Forro exterior plancha superior	36.74	39.33	b
Forro exterior del cajón de torsión	0	43.03	c+
Cubierta principal	9.34	16.34	a
Forro interior del cajón de torsión	30.17	8.79	a
Forro interior, plancha superior	36.74	39.33	b
Forro interior plancha inferior	75.33	55.98	b
Fondo de tanque lastre lateral	79.51	57.78	b
Fondo bodega plancha central	60	25.88	b
Fondo bodega plancha	9.34	105.06	c+
Cubierta inferior del cajón de torsión	2.93	23.49	b



Los espesores de las planchas que contribuyen a la resistencia longitudinal, salvo zonas que se mencionarán más adelante, se obtendrán mediante la fórmula:

$$t = 14,9 \cdot c_a \cdot c_r \cdot s \cdot \sqrt{\gamma_x \cdot \gamma_m \cdot \frac{\gamma_{sz} \cdot P_s + \gamma_{wz} \cdot P_w}{\lambda_L \cdot R_y}}$$

Siendo:

- c_a , aspecto de ratio de la plancha. $c_a = 1,21 \cdot \sqrt{1 + 0,033 \left(\frac{s}{l}\right)^2} - 0,69 \cdot \frac{s}{l}$, que no podrá ser mayor a 1.
- c_r , coeficiente de curvatura de la plancha. $c_r = 1 - 0,5 \cdot \frac{s}{r}$, no puede ser inferior a 0,5.
- s , el espaciado entre refuerzos ordinarios.
- l , la luz entre refuerzos primarios.
- r , el radio del pantoque.
- $R_y = 235/k$
- k , factor del material, definido anteriormente.
- λ_L , será igual a:

- Para el fondo, doble fondo, pantoque y cubierta:

$$\lambda_L = \sqrt{1 - 0,95 \cdot \left(\gamma_m \cdot \frac{\sigma_{x1}}{R_y}\right)^2} - 0,225 \cdot \gamma_m \cdot \frac{\sigma_{x1}}{R_y}$$

- Para el forro y doble forro:

$$\lambda_L = \sqrt{1 - 3 \cdot \left(\gamma_m \cdot \frac{\tau_1}{R_y}\right)^2 - 0,95 \cdot \left(\gamma_m \cdot \frac{\sigma_{x1}}{R_y}\right)^2} - 0,225 \cdot \gamma_m \cdot \frac{\sigma_{x1}}{R_y}$$



El módulo neto y el área transversal mínimo de los refuerzos sometidos a presión lateral que contribuyen a la resistencia longitudinal se obtendrán de las expresiones siguientes:

$$w = \gamma_R \cdot \gamma_{m1} \cdot \lambda_b \cdot \beta_b \cdot \frac{\gamma_{S2} \cdot P_u + \gamma_{W2} \cdot P_w}{12 \cdot (R_y - \gamma_R \cdot \gamma_{m1} \cdot \sigma_{s1})} \cdot \left(1 - \frac{s}{2 \cdot l}\right) \cdot s \cdot l^2 \cdot 10^3$$

$$A_{st} = 10 \cdot \gamma_R \cdot \gamma_{m1} \cdot \lambda_s \cdot \beta_s \cdot \frac{\gamma_{S2} \cdot P_u + \gamma_{W2} \cdot P_w}{R_y} \cdot \left(1 - \frac{s}{2 \cdot l}\right) \cdot s \cdot l$$

Los coeficientes tomarán los siguientes valores:

Brackets at ends	Bracket lengths	β_b	β_s
0	—	1	1
1	ℓ_b	$\left(1 - \frac{\ell_b}{2\ell}\right)^2$	$1 - \frac{\ell_b}{2\ell}$
2	$\ell_{b1} ; \ell_{b2}$	$\left(1 - \frac{\ell_{b1}}{2\ell} - \frac{\ell_{b2}}{2\ell}\right)^2$	$1 - \frac{\ell_{b1}}{2\ell} - \frac{\ell_{b2}}{2\ell}$

λ_b : Coefficient taken equal to the greater of the following values:

$$\lambda_b = 1 + 0,2 \frac{\gamma_{S2}(P_{Sd} - P_{Su}) + \gamma_{W2}(P_{Wd} - P_{Wu})}{\gamma_{S2}(P_{Sd} + P_{Su}) + \gamma_{W2}(P_{Wd} + P_{Wu})}$$

$$\lambda_b = 1 - 0,2 \frac{\gamma_{S2}(P_{Sd} - P_{Su}) + \gamma_{W2}(P_{Wd} - P_{Wu})}{\gamma_{S2}(P_{Sd} + P_{Su}) + \gamma_{W2}(P_{Wd} + P_{Wu})}$$

λ_s : Coefficient taken equal to the greater of the following values:

$$\lambda_s = 1 + 0,4 \frac{\gamma_{S2}(P_{Sd} - P_{Su}) + \gamma_{W2}(P_{Wd} - P_{Wu})}{\gamma_{S2}(P_{Sd} + P_{Su}) + \gamma_{W2}(P_{Wd} + P_{Wu})}$$

$$\lambda_s = 1 - 0,4 \frac{\gamma_{S2}(P_{Sd} - P_{Su}) + \gamma_{W2}(P_{Wd} - P_{Wu})}{\gamma_{S2}(P_{Sd} + P_{Su}) + \gamma_{W2}(P_{Wd} + P_{Wu})}$$



Partial safety factors covering uncertainties regarding:	Symbol	Yielding check					Buckling check	Ultimate strength check
		General	Sloshing pressure	Impact pressure	Watertight bulk-head ordinary stiffeners (1)	Testing check		
		(see [3.3] to [3.7])			(see [3.8])	(see [3.9])		
Still water hull girder loads	γ_{S1}	1,00	0	0	1,00	N.A.	1,00	1,00
Wave hull girder loads	γ_{W1}	1,15	0	0	1,15	N.A.	1,15	1,30
Still water pressure	γ_{S2}	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	N.A.	1,00
Wave pressure	γ_{W2}	1,20	1,10	1,00	1,05	N.A.	N.A.	1,40
Material	γ_m	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02
Resistance	γ_R	1,02	1,02	1,02	1,02 (2)	1,20	1,10	1,02
(1) Applies also to ordinary stiffeners of bulkheads or inner side which constitute boundary of compartments not intended to carry liquids.								
(2) For ordinary stiffeners of the collision bulkhead, $\gamma_R = 1,25$.								
Note 1: N.A. = Not applicable.								

6.1.1 Quilla y fondo.

La plancha en la quilla será de 2,5 m, superando 1,48 m que será la menor anchura posible. Los espesores de quilla y fondo se definirán por la condición de flexión mínima con 0,625 m la separación entre refuerzos tanto en el fondo como en la quilla y $k=1$ como se definió anteriormente. Usando las expresiones del reglamento se obtendrá:

$$t_{quilla} = 3,8 + 0,04 * L * \sqrt{k} + 4,5 * s + t_e = 12 \text{ mm}$$

$$t_{fondo} = 1,9 + 0,032 * L * \sqrt{k} + 4,5 * s + t_e = 10 \text{ mm}$$

Se tendrá unos espesores de 13 mm en quilla y 10 mm en el fondo, se cumplirá de este modo los requerimientos mínimos. El módulo de los refuerzos y el área serán:



- Para la quilla:

$$W=154 \text{ cm}^3$$

$$A_{SH}=5,6 \text{ cm}^2$$

Se usará perfil tipo bulbo HP 200x10.

- Para el fondo:

$$W=154 \text{ cm}^3$$

$$A_{SH}=5,6 \text{ cm}^2$$

Se usará perfil tipo bulbo HP 200x10.

6.1.2 Pantoque.

Se obtendrá mediante la fórmula del reglamento siguiente:

$$t = 0,72 \cdot [\gamma_s \cdot \gamma_m \cdot (\gamma_{s2} \cdot P_s + \gamma_{w2} \cdot P_w) \cdot s_b]^{0,4} \cdot R^{0,6} \cdot \sqrt{k} + t_0 = 12 \text{ mm}$$

Existirán en esta zona refuerzos transversales, que constarán de elementos primarios de 10 mm colocados en cada cuaderna. El espesor de la plancha del pantoque será de 12 mm cumpliendo así con los requisitos mínimos.



6.1.3 Forro exterior.

Se dividirá en tres planchas, dos de ellas para el costado del tanque de lastre y la otra se encontrará en el cajón de torsión. La plancha del costado del cajón de torsión será de acero de alta resistencia. El puntal de cada plancha será:

Plancha de forro exterior inferior	2,185-5,693 m
Plancha de forro exterior superior	5,693-9,2 m
Plancha exterior del cajón de torsión	9,2-12,2 m

La ecuación que se usará para obtener el espesor mínimo de cada plancha según el reglamento, será:

$$t_{\text{requerido}} = 2,1 + 0,031 * L * \sqrt{k} + 4,5 * s + t_r$$

Se obtendrán los siguientes valores para cada caso:

- Para la plancha inferior del forro exterior:

$$s=0,6 \text{ m}$$

$$t_{\text{min}}=10 \text{ mm}$$

$$W=127 \text{ cm}^3$$

$$A_{SH}=3,3 \text{ cm}^2$$

El espesor de la plancha será de 12 mm. Se usará perfil tipo bulbo HP 200x12.



- Para la plancha superior del forro exterior:

$$s=0,6 \text{ m}$$

$$t_{\min}=10 \text{ mm}$$

$$W=129 \text{ cm}^3$$

$$A_{SH}=4 \text{ cm}^2$$

El espesor de la plancha será de 11 mm y se usará perfil tipo bulbo HP 200x11.

- Para la plancha del costado exterior del cajón de torsión:

$$s=0,6 \text{ m}$$

$$t_{\min}=9 \text{ mm}$$

$$W=147 \text{ cm}^3$$

$$A_{SH}=2,5 \text{ cm}^2$$

En este caso se tomará $k=0,78$ al tratarse de acero de alta resistencia. El espesor de la plancha será de 13 mm y se usará perfil tipo bulbo HP 200x12.

6.1.4 Forro interior

En las planchas del cajón de torsión se obtendrá su espesor por la fórmula del reglamento:

$$t_{\text{costado o interior}} = 1,7 + 0,013 * L * \sqrt{k} + 4,5 * s + t_s$$



Se dividirá en tres planchas, dos de ellas para el costado del tanque de lastre y la otra se encontrará en el cajón de torsión. La plancha del costado del cajón de torsión será de acero de alta resistencia. El puntal de cada plancha será:

Plancha de forro interior inferior	1,3-5,25 m
Plancha de forro interior superior	5,25-9,2 m
Plancha interior del cajón de torsión	9,2-12,2 m

La ecuación que se usará para obtener el espesor mínimo de cada plancha según el reglamento, será:

$$t_{\text{costado}} = 2,1 + 0,031 * L * \sqrt{k} + 4,5 * s + t_e$$

Se obtendrán los siguientes valores para cada caso:

- Para la plancha inferior del forro exterior:

$$s=0,6 \text{ m}$$

$$t_{\text{min}}=11,5 \text{ mm}$$

$$W=116 \text{ cm}^3$$

$$A_{\text{SH}}=3,3 \text{ cm}^2$$

El espesor de la plancha será de 12 mm y se usará perfil tipo bulbo HP 180x10.



- Para la plancha superior del forro exterior:

$$s=0,6 \text{ m}$$

$$t_{\min}=9,5 \text{ mm}$$

$$W=129 \text{ cm}^3$$

$$A_{SH}=4 \text{ cm}^2$$

El espesor de la plancha será de 11 mm y se usará perfil tipo bulbo HP 180x10.

- Para la plancha del costado exterior del cajón de torsión:

$$s=0,6 \text{ m}$$

$$t_{\min}=6,5 \text{ mm}$$

$$W=162 \text{ cm}^3$$

$$A_{SH}=2,5 \text{ cm}^2$$

En este caso se tomará $k=0,78$ al tratarse de acero de alta resistencia. El espesor de la plancha será de 13 mm y se usará perfil tipo bulbo HP 200x10.

6.1.5 Cubierta principal.

Se trata de una cubierta resistente. El espesor mínimo se obtendrá con la siguiente fórmula:

$$t = 1,6 + 0,032 * L * \sqrt{k} + 4,5 * s + t_e = 8 \text{ mm}$$

Habrà que tener en cuenta que k será igual a 0,78 al tratarse de acero de alta resistencia. Se tendrá una separación entre refuerzos de 0,5 m. El espesor de la plancha será de 16 mm.



El módulo de los refuerzos y el área serán:

$$W=76 \text{ cm}^3$$

$$A_{SH}=1,2 \text{ cm}^2$$

Se usará perfil tipo bulbo HP 200x10.

6.1.6 Cubierta del cajón de torsión.

El espesor mínimo se obtendrá con la siguiente fórmula:

$$t = 1,9 + 0,024 * L * \sqrt{k} + 4,5 * s + t_e = 7,5 \text{ mm}$$

Habrà que tener en cuenta que k será igual a 0,78 al tratarse de acero de alta resistencia. Se tendrá una separación entre refuerzos de 0,5 m. El espesor de la plancha será de 15 mm.

El módulo de los refuerzos y el área serán:

$$W=41 \text{ cm}^3$$

$$A_{SH}=1,3 \text{ cm}^2$$

Se usará perfil tipo bulbo HP 180x10.



6.1.7 Fondo de bodega.

Se considerarán dos tipos de planchas, la primera bajo el tanque de lastre lateral cuya separación entre refuerzos será de 0,438 m y con un espesor mínimo de 8. El módulo de los refuerzos y el área serán:

$$W=127 \text{ cm}^3$$

$$A_{SH}=5,4 \text{ cm}^2$$

Se usará plancha de 11 mm y perfil tipo bulbo HP 180x10.

La segunda será el fondo de bodega cuya separación entre refuerzos será de 0,625 m y con un espesor mínimo de 10,5. El módulo de los refuerzos y el área serán:

$$W=127 \text{ cm}^3$$

$$A_{SH}=5,4 \text{ cm}^2$$

Se usará plancha de 11 mm y perfil tipo bulbo HP 180x10.

6.1.8 Vagras.

Su espesor mínimo vendrá definido por la fórmula:

$$t = 1,4 \cdot L^{1/4} \cdot K^{1/6} + t_a = 9 \text{ mm}$$



Se usará plancha de 10 mm, la separación entre refuerzos será de 0,433 m, los valores de los refuerzos serán:

$$W=37 \text{ cm}^3$$

$$A_{SH}=1,5 \text{ cm}^2$$

Se usará perfil tipo bulbo HP 100x10.

6.2 ESTRUCTURA TRANSVERSAL

Se dimensionarán los elementos transversales que reforzarán la estructura cada tres claros de cuaderna.

6.2.1 Varengas.

Las varengas situadas en medio de las bodegas, no serán estancas y tendrán aligeramientos. Las que se encuentran bajo los mamparos transversales, serán estancas y se dimensionarán siguiendo la reglamentación del Bureau Veritas.

Se tendrá entonces:

$$t = 3,7 + 0,015 \cdot L^{1/3} \cdot k^{1/6} + t_e = 7 \text{ mm}$$

Como son refuerzos primarios, además deberán tener un módulo mínimo y un área mínima definida en el Bureau Veritas, en la Parte B, Capítulo 7, Sección 3. De acuerdo a ello se tendrá:

$$W=688,1 \text{ cm}^3$$

$$A_{SH}=20,3 \text{ cm}^2$$

Por ello la varenga aligerada estará formada por chapa de 10 mm reforzada en el agujero con una pletina de 15 mm, es decir quedará una T



de 260/130 10/15. Se encontrarán dispuestas como muestra en el plano de la cuaderna maestra.

6.2.2 Bulárcama de tanque de lastre.

Las bulárcamas coincidentes con los mamparos transversales serán estancas y las otras tendrán aligeramientos.

Se tendrá entonces:

$$t = 3,7 + 0,015 \cdot L \cdot k^{1/2} + t_e = 7 \text{ mm}$$

Como son refuerzos primarios, además deberán tener un módulo mínimo y un área mínima definida en el Bureau Veritas, en la Parte B, Capítulo 7, Sección 3. De acuerdo a ello se tendrá:

$$W = 799,8 \text{ cm}^3$$

$$A_{SH} = 30,5 \text{ cm}^2$$

Por ello la varengas aligeradas estarán formadas por chapa de 10 mm reforzada en el agujero con una pletina de 15 mm, es decir quedará una T de 280/140 10/15. Se encontrarán dispuestas como muestra en el plano de la cuaderna maestra.

6.2.3 Bulárcama del cajón de torsión.

Se dimensionará del mismo modo que la bulárcama del tanque de lastre para favorecer de este modo la continuidad del anillo estructural.

6.2.4 Cartelas y otros refuerzos transversales.

Los refuerzos del pantoque se dimensionarán del mismo modo que las varengas del doble fondo, disponiéndose a continuación de éstas y completando el anillo estructural con las bulárcamas.



6.2.5 Mamparo transversal.

El módulo de los refuerzos del mamparo y el espesor de las planchas se calcularán con las expresiones indicadas al inicio. Se realizarán tomando el caso b y se calcularán por un lado las planchas inferiores y por otro las superiores. La separación entre refuerzos será de 0,640.

Su espesor mínimo vendrá dado por la siguiente fórmula:

$$t = 1,7 + 0,013 \cdot L \cdot \sqrt{R} + 4,5 \cdot s + t_s = 6,5 \text{ mm}$$

Se supondrá para el cálculo los valores de los refuerzos para el mamparo más a proa pues presentará las presiones debidas a inercias más altas. Se dividirá el mamparo en dos zonas, las planchas desde el fondo hasta 6,75 m por encima de la línea base cuyos valores serán:

$$P_s = 100,41 \text{ KN/m}^2$$

$$P_w = 23,69 \text{ KN/m}^2$$

$$W = 326 \text{ cm}^3$$

$$A_{SH} = 9.1 \text{ cm}^2$$

Se usará chapa de 12 mm para darle continuidad con el costado interior, hasta los 5,25 m desde ahí 11 mm y refuerzos de bulbo HP 280x11.

En las planchas de la zona alta desde 6,75 m hasta cubierta se tendrá los valores:

$$P_s = 50.21 \text{ KN/m}^2$$

$$P_w = 44.84 \text{ KN/m}^2$$



$$W=282 \text{ cm}^3$$

$$A_{SH}=4.6 \text{ cm}^2$$

Se usará chapa de 11 mm para darle continuidad con el costado interior hasta los 9,2 m de puntal, desde ahí se usará acero de 12 mm de alta resistencia, el mismo que el del cajón de torsión y refuerzos de bulbo HP 220x12.

7 CALCULOS DE RESISTENCIA LOCALES

En este punto se expondrán las cargas locales sobre planchas de doble fondo y además se calcularán las tensiones críticas de pandeo en las zonas donde se pueda dar.

7.1 CARGAS EN EL DOBLE FONDO.

El peso de una columna de contenedores, suponiendo 9 contenedores al 70 % de su carga será:

$$P = 9 \cdot 13 \cdot 0,7 \approx 82 \text{ KN}$$

La tabla muestra las fórmulas que se emplearán para calcular las cargas estáticas y dinámicas sobre el fondo de bodega. Esta tabla aparece en el reglamento del Bureau Veritas en la Parte E, Capítulo 2, Sección 2, que hace referencia al caso a las condiciones a cumplir por los portacontenedores.



Ship condition	Load case	Still water force F_s and inertial force F_w , in kN
Still water		$F_{s,i} = M_i g$
Upright (positive heave motion)	"a"	No inertial force
	"b"	$F_{w,x,i} = M_i a_{x1}$ in x direction $F_{w,z,i} = -M_i a_{z1}$ in z direction
Inclined (negative roll angle)	"c"	$F_{w,y,i} = M_i C_{FA} a_{y2}$ in y direction
	"d"	$F_{w,z,i} = M_i C_{FA} a_{z2}$ in z direction
Note 1: g : Gravity acceleration, in m/s^2 : $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ M_i : Mass, in t, of the container considered at the level "i" C_{FA} : Combination factor, to be taken equal to: <ul style="list-style-type: none"> $C_{FA} = 0,7$ for load case "c" $C_{FA} = 1,0$ for load case "d" a_{x1}, a_{z1} : Accelerations, in m/s^2 , determined at the container's centre of gravity for the upright ship condition, and defined in Pt B, Ch 5, Sec 3, [3.4] a_{y2}, a_{z2} : Accelerations, in m/s^2 , determined at the container's centre of gravity for the inclined ship condition, and defined in Pt B, Ch 5, Sec 3, [3.4]		

a_{x1} y a_{z1} , son las aceleraciones en m/s^2 del centro de gravedad de un contenedor adrizado y a_{y2} y a_{z2} , la aceleración en m/s^2 del centro de gravedad de un contenedor inclinado. Vendrán definidas por las siguientes tablas y expresiones:

Direction	Upright ship condition	Inclined ship condition
X - Longitudinal a_{x1} and a_{x2} in m/s^2	$a_{x1} = \sqrt{a_{su}^2 + [A_p g + \alpha_p (z - T_1)]^2}$	$a_{x2} = 0$
Y - Transverse a_{y1} and a_{y2} in m/s^2	$a_{y1} = 0$	$a_{y2} = \sqrt{a_{sw}^2 + [A_R g + \alpha_R (z - T_1)]^2 + \alpha_R^2 K_x L^2}$
Z - Vertical a_{z1} and a_{z2} in m/s^2	$a_{z1} = \sqrt{a_{H1}^2 + \alpha_p^2 K_x L^2}$	$a_{z2} = \sqrt{0,25 a_{H1}^2 + \alpha_R^2 y^2}$
Note 1: $K_x = 1,2 \left(\frac{x}{L} \right)^2 - 1,1 \frac{x}{L} + 0,2$ without being taken less than 0,018		

a_{su} , se tomará igual a $0,5 \text{ m/s}^2$.



$$a_H = a_B \cdot g$$

$$a_B = \pi \cdot \left(0,76 \cdot P + \frac{1,875 \cdot h_w}{L} \right)$$

$$h_w = 11,44 - \left| \frac{L - 250}{110} \right|^2$$

Amplitude $A_{p,}$ in rad	Period $T_{p,}$ in s	Acceleration $\alpha_{p,}$ in rad/s ²
$0,328 a_B \left(1,32 - \frac{h_w}{L} \right) \left(\frac{0,6}{C_B} \right)^{0,75}$	$0,575 \sqrt{L}$	$A_p \left(\frac{2\pi}{T_p} \right)^2$

Amplitude $A_{R,}$ in rad	Period $T_{R,}$ in s	Acceleration $\alpha_{R,}$ in rad/s ²
$a_B \sqrt{E}$ without being taken greater than 0,35	$2,2 \frac{\delta}{\sqrt{GM}}$	$A_R \left(\frac{2\pi}{T_R} \right)^2$

Period $T_{sw,}$ in s	Acceleration $a_{sw,}$ in m/s ²
$\frac{0,8 \sqrt{L}}{1,22 F + 1}$	$0,775 a_B g$

Se añadirá además la fuerza ejercida por el viento, que vendrá definida por:

$$F_{x,wind,i} = 1,2 \cdot h_s \cdot b_s$$

$$F_{y,wind,i} = 1,2 \cdot h_s \cdot l_s$$



Ship condition	Load case	Still water force F_s and inertial and wind force $F_{w,i}$ in kN, acting on each container stack	Vertical still water force R_s and inertial and wind force $R_{w,i}$ in kN, transmitted at the corners of each container stack
Still water condition		$F_s = \sum_{i=1}^N F_{s,i}$	$R_s = \frac{F_s}{4}$
Upright condition (see Fig 9)	"a"	No inertial forces	No inertial forces
	"b"	<ul style="list-style-type: none"> in x direction $F_{w,x} = \sum_{i=1}^N (F_{w,x,i} + F_{x,wind,i})$ in z direction $F_{w,z} = \sum_{i=1}^N F_{w,z,i}$ 	$R_{w,1} = \frac{F_{w,z}}{4} + \frac{N_c h_c F_{w,x}}{4 \ell_c}$ $R_{w,2} = \frac{F_{w,z}}{4} - \frac{N_c h_c F_{w,x}}{4 \ell_c}$
Inclined condition (negative roll angle) (see Fig 10)	"c" and "d"	<ul style="list-style-type: none"> in y direction $F_{w,y} = \sum_{i=1}^N (F_{w,y,i} + F_{y,wind,i})$ in z direction $F_{w,z} = \sum_{i=1}^N F_{w,z,i}$ 	$R_{w,1} = \frac{F_{w,z}}{4} + \frac{N_c h_c F_{w,y}}{4 b_c}$ $R_{w,2} = \frac{F_{w,z}}{4} - \frac{N_c h_c F_{w,y}}{4 b_c}$
Note 1: N : Number of containers per stack h_c : Height, in m, of a container ℓ_c, b_c : Dimension, in m, of the container stack in the ship longitudinal and transverse direction, respectively.			

Con las ecuaciones anteriores se tendrán los siguientes valores en el caso d que es la peor de las condiciones:

$$F_s=820 \text{ KN}$$

$$F_{wy}=318,01 \text{ KN}$$

$$F_{wz}=154,31 \text{ KN}$$

Que darán unas presiones sobre cubierta de:

$$P_s=55,2 \text{ KN/m}^2$$

$$P_{wy}=21,4 \text{ KN/m}^2$$

$$P_{wz}=10,4 \text{ KN/m}^2$$

Estos datos son inferiores a los valores de presiones que se tomaron al escantillonar el fondo de bodega. Por lo que la cubierta resistirá el peso de la carga y sus fuerzas inerciales.



7.2 PANDEO.

En nuestro buque la zona más crítica y sujeta a sufrir pandeo serán las planchas del costado interno inferior. A continuación se estudiará este caso:

- Plancha sometida a esfuerzos cortantes.

$$\tau_c = \tau_E \quad \text{for } \tau_E \leq \frac{R_{eH}}{2\sqrt{3}}$$

$$\tau_c = \frac{R_{eH}}{\sqrt{3}} \left(1 - \frac{R_{eH}}{4\sqrt{3}\tau_E} \right) \quad \text{for } \tau_E > \frac{R_{eH}}{2\sqrt{3}}$$

$$\frac{\tau_{or}}{\gamma_r \cdot \gamma_m} \geq |\tau_b|$$

$$\tau_E = \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t}{b} \right)^2 K_2 10^{-6}$$

$$K_2 = 5,34 + \frac{4}{\alpha^2} \quad \text{for } \alpha > 1$$

$$K_2 = \frac{5,34}{\alpha^2} + 4 \quad \text{for } \alpha \leq 1$$

○ $\tau_b = \tau_1$, siendo:

$$\tau_1 = (Q_{sw} - Q_{nw} - s \cdot \Delta Q_a) \cdot \frac{5}{I_y \cdot t} \cdot s$$



Con lo que se tendrá

$$\tau_E > \frac{R_{ex}}{2 \cdot \sqrt{3}}$$

$$\tau_o = 134,79 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_b = 103,59 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\tau_o}{\gamma_E \cdot \gamma_m} = 110,12 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \geq 100,91 \text{ N/mm}^2$$

Por lo que la plancha cumplirá el criterio.

8 COMPROBACION DE TENSIONES SEGÚN EL REGLAMENTO

Se comprobará que con los valores calculados según el Bureau veritas se cumplirán las tensiones mínimas en fondo, cubierta y brazolas. Para ello se usará la siguiente expresión:

$$\sigma_1 = \frac{M_{ow} + M_{sw}}{Z_A} \cdot 10^3$$

El MARS 2000 nos dará los valores de los módulos siguientes:

$$Z_{\text{fondo}} = 3,25555 \text{ m}^3$$

$$Z_{\text{cubierta}} = 6,08083 \text{ m}^3$$

Nos dará por tanto los valores siguientes:

$$\sigma_{\text{fondo}} = 86,65 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{\text{cubierta}} = 161,84 \text{ N/mm}^2$$



Estos valores son inferiores a los máximos permitidos que son 175 N/mm^2 en el fondo y $224,36 \text{ N/mm}^2$ en cubierta al ser acero de alta resistencia.

9 CALCULO DE LAS TENSIONES TANGENCIALES

Se usará la hipótesis de pared delgada, por lo que se supondrá espesores pequeños y tensiones cortantes constantes en todo el espesor. El valor de la tensión tangencial isostática se calculará mediante la fórmula:

$$\tau = \frac{Q \cdot S_x^a}{I_{BX} \cdot e}$$

Siendo S_x^a el momento estático. Como existen secciones cerradas la tensión total existente en cada punto de esa sección será la suma de las tensiones isostáticas más las debidas al flujo de cierre.

$$q_{\text{cierre}} = \frac{-\int_{\text{celda}} \frac{q}{e} \cdot ds}{\int_{\text{celda}} \frac{ds}{e}}$$

$$\tau = \frac{\tau_{\text{isost}}}{e}$$



Realizando este cálculo para cada celda cerrada se obtendrán los siguientes valores:

Elemento	T (N/mm ²)
Cubierta principal	7.74
Forro exterior del cajón de torsión.	34.68
Forro exterior, plancha superior.	64.2
Forro exterior, plancha inferior	60.23
Cubierta inferior del cajón de torsión	-4.86
Forro interior del cajón de torsión	34.7
Forro interior, plancha superior	65.66
Forro interior, plancha inferior	61.02
Fondo de tanque lastre lateral	137.42
Fondo bodega	133.08
Pantoque	54.07
Fondo	43.17
Quilla	9.67
Vagra	20.22

10 CALCULO DE LAS TENSIONES TANGENCIALES DEBIDAS AL MOMENTO TORSOR

Anteriormente se calculó el momento torsor estimado por el reglamento del Bureau Veritas y será:

$$M_{WT} = \frac{H \cdot L}{4} \cdot n \cdot (F_{TM} \cdot C_M + F_{TQ} \cdot C_Q \cdot d) = 42688,66 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

Se trabajará con la hipótesis de pared delgada. Tendremos todas las celdas cerradas salvo la coincidente con el colector de doble fondo. Se tendrá:

- Flujo q constante para cada malla.
- $\tau = q/e$
- $M_{WT} = 2 \cdot \text{Volumen encerrado en la malla}$.
- Volumen malla = Área de celda * q
- Ángulo girado en la celda: $\theta_{celda} = \frac{1}{2 \cdot G \cdot A_{celda}} \cdot \int_{celda} \tau \cdot ds$
- θ_{celda} constante por lo que $\theta_i = \theta_j$.



Se obtendrá de este modo un sistema de ecuaciones que nos dará como resultado los siguientes valores:

Elemento	T (N/mm ²)
Cubierta principal	21.64
Forro exterior del cajón de torsión.	26.63
Forro exterior, plancha superior.	34.26
Forro exterior, plancha inferior	32.01
Cubierta inferior del cajón de torsión	-2.05
Forro interior del cajón de torsión	26.63
Forro interior, plancha superior	34.26
Forro interior, plancha inferior	32.01
Fondo de tanque lastre lateral	-19.65
Fondo bodega	30.88
Pantoque	50.02
Fondo	33.97
Quilla	22.84
Vagra	26.05

11 ESTUDIO DE TESIONES COMBINADAS

Se usará el método del círculo de Mohr, cuyas ecuaciones serán:

$$\sigma' = \frac{(\sigma_x + \sigma_y)}{2} + \frac{\sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4 \cdot \tau_{xy}}}{2}$$

$$\sigma'' = \frac{(\sigma_x + \sigma_y)}{2} - \frac{\sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4 \cdot \tau_{xy}}}{2}$$

$$\tau_{max} = \frac{(\sigma_x - \sigma_y)}{2}$$



Siendo:

- σ_x , calculada en el apartado de comprobación de tensiones según reglamento.
- σ_y , calculada en el apartado de comprobación de tensiones por torsión.
- τ_{xy} , calculada en el apartado de comprobación de tensiones por torsión.

Se estudiarán los puntos de cubierta y del fondo que aguantarán tensiones mayores.

Se tendrá por tanto:

Elemento	σ_x (N/mm ²)	σ_y (N/mm ²)	τ_{xy} (N/mm ²)	σ' (N/mm ²)	σ'' (N/mm ²)	τ_{\max} (N/mm ²)
Cubierta principal	161.84	21.64	7.74	184	-0.04	92
Cubierta inferior del cajón de torsión	122.04	-2.05	-4.86	120	0.04	60
Fondo de tanque lastre lateral	60.17	-19.65	137.42	44	-3.15	20
Fondo bodega	60.17	30.88	133.08	92	-1.44	46
Pantoque	86.65	50.02	54.07	137	-0.39	68
Fondo	86.65	33.97	43.17	121	-0.36	60
Quilla	86.65	22.84	9.67	110	-0.09	55
Vagra	86.65	26.05	20.22	113	-0.18	56

12 ANEXOS



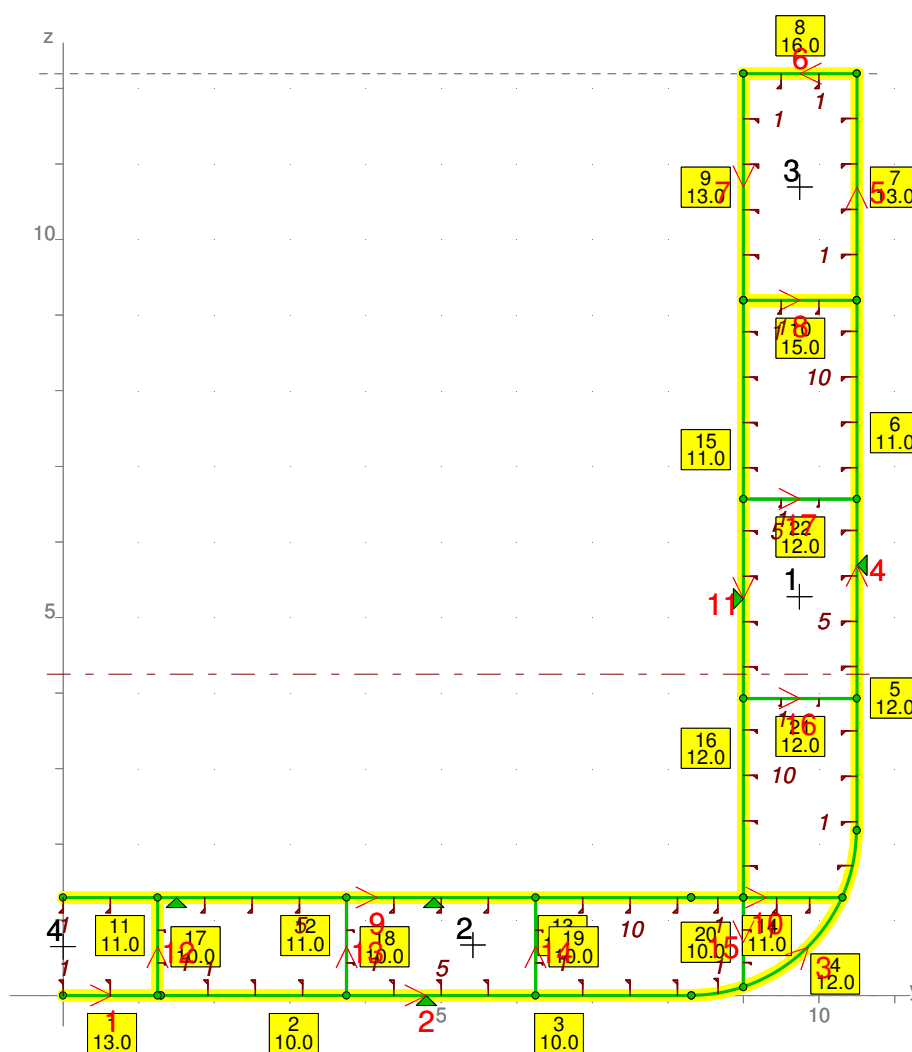
ANEXO I

CUADERNA MAESTRA



ANEXO II

INFORME MARS2000



scale : 1 / 100

Section : Cuaderna Maestra

x = 56.03 m

File : c:\documents and settings\jesus\mis documentos\pincho usb\proyecto definitivo\cuaderno 28\072016

Cross Section Characteristics

Gross scantling

Geometric Properties (For the whole cross-section)

Geometric Area of Cross-Section

	Steel (235)	Steel (315)	Total Area
Strakes	1.000196	0.249000	1.249196
Longitudinals	0.284623	0.063400	0.348023
Total (m ²)	1.284820	0.312400	1.597219

Geometric area of cross-section	1.597220	m ²
Effective area	1.597220	m ²
Single moment above neutral axis	(/ neutral axis) ...	2.839225 m ³
Single moment of half section	(/ centre line) ...	6.166555 m ³
Moment of inertia / G _y axis	(IG _y) ..	25.868340 m ⁴
Moment of inertia / G _z axis	(IG _z) ..	110.366500 m ⁴
Position of neutral axis	(above base line) (N)	4.25408 m
Modulus at deck	(12.200 m) .. (Z _{AD}) ...	3.255548 m ³
Modulus at bottom	(0.000 m) .. (Z _{AB}) ...	6.080833 m ³
Transverse sectional area of deck flange		0.143760 m ²
Transverse sectional area of bottom flange		0.405551 m ²

These characteristic (except geometric area) are effective values assuming an homogeneous material of 206000 (N/mm²) as Young modulus.

Profiles

Type	Scantling	Number
bulb	200 × 12.0	22
bulb	200 × 11.0	37
bulb	200 × 10.0	35
bulb	180 × 10.0	28
bulb	100 × 10.0	24

Strakes

Thickness (mm)	Length (m)
16.000	3.000
15.000	3.000
13.000	14.600
12.000	27.780
11.000	35.540
10.000	24.210

The length indicated is the total length for the strakes having same thickness.

Cross Section Characteristics Net scantling

Geometric Properties (For the whole cross-section)

Geometric Area of Cross-Section

	Steel (235)	Steel (315)	Total Area
Strakes	0.851181	0.228750	1.079931
Longitudinals	0.240807	0.057569	0.298376
Total (m ²)	1.091987	0.286319	1.378307

Geometric area of cross-section 1.378306 m²
 Effective area 1.378306 m²

Single moment above neutral axis (/ neutral axis) ... 2.489348 m³
 Single moment of half section (/ centre line) ... 5.344067 m³

Moment of inertia / G_y axis (IG_y) .. 22.892360 m⁴
 Moment of inertia / G_z axis (IG_z) .. 95.871120 m⁴

Position of neutral axis (above base line) (N) 4.34977 m
 Modulus at deck (12.200 m) .. (Z_{AD}) ... 2.916138 m³
 Modulus at bottom (0.000 m) .. (Z_{AB}) ... 5.262889 m³
 Transverse sectional area of deck flange 0.133480 m²
 Transverse sectional area of bottom flange 0.341842 m²

These characteristic (except geometric area) are effective values assuming an homogeneous material of 206000 (N/mm²) as Young modulus.

Hull Girder Loads**Vertical Bending Moment**

	Hogging (kNm)	Sagging (kNm)
S.W.B.M. Builder's proposal in Basic Ship Data	285 130.	194 588.
S.W.B.M. Builder's proposal at X = 56.03 m	-	-
S.W.B.M. preliminary value at midship	241 761.	- 194 601.
S.W.B.M. preliminary value at X = 56.03 m	241 761.	- 194 601.
Rule Vertical Wave Bending Moment at X = 56.03 m .	282 164.	- 329 324.

Design Hull Girder Loads at X = 56.03 m

	Hogging (kNm)	Sagging (kNm)
S.W.B.M.	285 130.	- 194 588.
Wave bending moment (rule)	282 164.	- 329 324.

Horizontal wave bending moment 149 505.

	Positive (KN)	Negative (KN)
Vertical still water shear force	33 644.	
Vertical wave shear force	5 610.	- 5 610.

Admissible Vertical Shear Forces

Total Admissible Vert. Shear Force (KN)	44 396.
Positive Admissible Vert. Still Water Shear Force (KN)	38 785.
Negative Admissible Vert. Still Water Shear Force (KN)	38 785.

Section : Cuaderna Maestra

x = 56.03 m

File : c:\documents and settings\jesus\mis documentos\pincho usb\proyecto definitivo\cuaderno 28\072016

Section moduli and Inertia

X section	56.030 (m)
X mid, defining midship section (+/- 0.1 m)	56.030 (m)
X mid - 0.2 L	33.618 (m)
X mid + 0.2 L	78.442 (m)

Minimum section modulus at midship section ($k = 1$, $n_1 = 1$) 2.9939 (m³)

Rule section moduli

	Deck (m ³)	Bottom (m ³)
Minimum section modulus	2.9939	2.9939
Modulus based on design BM, Hog. (567 294.1 kNm)	3.2417	3.2417
Modulus based on design BM, Sag. (- 523 912.4 kNm)	2.9938	2.9938
Rule Modulus	3.2417	3.2417

Check of section moduli and inertia

	Rule	Actual
Deck (12.200 m)	3.2417	3.2555
Bottom (0.000 m)	3.2417	6.0808
Inertia	10.0648	25.8683

Check of Net/Gross Moduli

	Actual Gross	Actual Net	%
Deck (12.200 m)	3.2555	2.9161	89.6
Bottom (0.000 m)	6.0808	5.2629	86.5

Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
CAdd	tNetActu.	tLoad	SigX1	ps	pw	Case	Tau1
		tTest	σ_N Actu.	σ_N Rule		Case	σ_{Ap} Buck σ_{CRIT} Buck
		tMini	τ_N Actu.	τ_N Rule		Case	τ_{Ap} Buck τ_{CRIT} Buck

1 - Quilla

1	13.00	12.50	8.50			ST235	0.625	2.100	100
1.50	11.50	7.79	89.16	74.61	31.63	SEA-a1	6.35		
		0.00	93.29	175.00		a	-89.16	-160.64	
		11.09	9.87	110.00		a	10.66	109.50	

Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	SigX1	ps	pw	Case	Tau1
CAdd		tTest	σ_N Actu.	σ_N Rule		Case	σ_{Ap} Buck
		tMini	τ_N Actu.	τ_N Rule		Case	σ_{CRIT} Buck
						Case	τ_{Ap} Buck
							τ_{CRIT} Buck

2 - Fondo

2	10.00	10.00	8.50			ST235	0.625	2.100	100
	8.50	8.05	89.16	74.61	31.63	SEA-a1	41.57		
		0.00	93.29	175.00		a	-89.16	-120.12	
1.50		8.30	41.78	110.00		a	45.89	100.01	

3	10.00	10.00	8.50			ST235	0.625	2.100	100
	8.50	8.57	89.16	74.61	31.63	SEA-a1	66.57		
		0.00	93.29	175.00		a	-89.16	-120.12	
1.50		8.30	69.35	110.00		a	70.88	100.01	

Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	SigX1	ps	pw	Case	Tau1
CAdd		tTest	σ _N Actu.	σ _N Rule		Case	σ _{Ap} Buck
		tMini	τ _N Actu.	τ _N Rule		Case	σ _{CRIT} Buck
						Case	τ _{Ap} Buck
							τ _{CRIT} Buck

3 - Pantoque exterior

4	12.00	12.00	0.00			ST235	1.824	2.100	100
	10.50	10.37	74.93	73.50	39.44	SEA-c+		37.66	
		0.00	93.29	175.00		a	-86.85	-189.33	
1.50		0.00	79.19	110.00		a	84.45	114.19	

Section : Cuaderna Maestra

x = 56.03 m

File : c:\documents and settings\jesus\mis documentos\pincho usb\proyecto definitivo\cuaderno 28/07/2016

Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	SigX1	ps	pw	Case	Tau1
CAdd		tTest	σ_N Actu.	σ_N Rule		Case	σ_{Ap} Buck
		tMini	τ_N Actu.	τ_N Rule		Case	τ_{Ap} Buck
						Case	σ_{CRIT} Buck

4 - Forro exterior tanque

5	12.00	10.00	10.00			ST235	0.600	2.100	100
	10.50	7.93	42.07	51.46	50.01	SEA-c+		80.12	
		4.06	45.38	175.00		c		-42.07	-161.26
1.50		8.27	86.96	110.00		c		101.17	108.23

6	11.00	10.00	10.00			ST235	0.600	2.100	100
	9.25	7.18	27.16	36.74	39.33	SEABAL 1-b		93.06	
		2.93	108.46	175.00		a		-83.92	-144.31
1.75		8.27	94.87	110.00		a		101.17	104.57

Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	SigX1	ps	pw	Case	Tau1
CAdd		tTest	σ_N Actu.	σ_N Rule		Case	σ_{Ap} Buck
		tMini	τ_N Actu.	τ_N Rule		Case	τ_{Ap} Buck
							σ_{CRIT} Buck

5 - Forro exterior cajon de torsion

7	13.00	9.00	10.00		ST315	0.600	2.100	100
	12.00	4.47	89.17	0.00	43.03	SEA-c+	51.25	
		0.00	174.25	224.36		a	-147.20	-209.20
1.00		7.87	51.36	141.03		a	54.77	144.63

Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	SigX1	ps	pw	Case	Tau1
CAdd		tTest	σ_N Actu.	σ_N Rule		Case	σ_{Ap} Buck
		tMini	τ_N Actu.	τ_N Rule		Case	τ_{Ap} Buck
							σ_{CRIT} Buck

6 - Cubierta Principal

8	16.00	8.00	8.50		ST315	0.500	2.100	100
	15.00	3.04	166.53	9.34	16.34	SEA-a1	12.01	
		0.00	174.25	224.36		a	-147.20	-247.76
1.00		7.02	11.26	141.03		a	11.38	154.19

Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	SigX1	ps	pw	Case	Tau1
CAdd		tTest	σ_N Actu.	σ_N Rule		Case	σ_{Ap} Buck
		tMini	τ_N Actu.	τ_N Rule		Case	τ_{Ap} Buck
							σ_{CRIT} Buck

7 - Forro interior cajon de torsion

9	13.00	6.50	10.00			ST315	0.600	2.100	100
	12.00	3.79	103.66	30.17	8.79	FLOOD 3-a	54.25		
		0.00	174.25	224.36		a	-147.20	-209.20	
1.00		5.69	50.87	141.03		a	49.17	144.63	

Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	SigX1	ps	pw	Case	Tau1
CAdd		tTest	σ_N Actu.	σ_N Rule		Case	σ_{Ap} Buck
		tMini	τ_N Actu.	τ_N Rule		Case	τ_{Ap} Buck
							σ_{CRIT} Buck

8 - Cubierta cajon de torsion

10	15.00	4.50	7.50	ST315	0.500	2.100	100
	13.25	2.86	103.66	2.93	23.49	BAL 1-b	7.70
		0.00	108.46	224.36		a	-91.62
1.75		0.00	7.22	141.03		a	7.70

Section : Cuaderna Maestra

x = 56.03 m

File : c:\documents and settings\jesus\mis documentos\pincho usb\proyecto definitivo\cuaderno 28\072016

Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	SigX1	ps	pw	Case	Tau1
		tTest	σ_N Actu.	σ_N Rule		Case	σ_{Ap} Buck σ_{CRIT} Buck
CAdd		tMini	τ_N Actu.	τ_N Rule		Case	τ_{Ap} Buck τ_{CRIT} Buck

9 - Fondo de Bodega

11	11.00	8.50	7.50	ST235	0.625	2.100	100
	9.50	6.77	61.91	60.00	25.88	UniCarg-b	16.53
		0.00	64.78	175.00		a	-61.91 -137.93
1.50		5.00	16.63	110.00		a	19.53 104.18

12	11.00	9.00	7.50	ST235	0.625	2.100	100
	9.50	7.66	51.20	9.34	86.92	SEA-c+	41.98
		0.00	64.78	175.00		a	-61.91 -137.93
1.50		5.00	44.45	110.00		a	47.85 104.18

13	11.00	10.50	7.50	ST235	0.625	2.100	100
	9.50	8.98	54.59	9.34	105.06	SEA-c+	71.24
		0.00	64.78	175.00		a	-61.91 -137.93
1.50		5.00	76.15	110.00		a	79.12 104.18

Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	SigX1	ps	pw	Case	Tau1
CAdd		tTest	σ_N Actu.	σ_N Rule		Case	σ_{Ap} Buck
		tMini	τ_N Actu.	τ_N Rule		Case	τ_{Ap} Buck
							σ_{CRIT} Buck

10 - Fondo tanque lateral

14	11.00	8.00	6.00		ST235	0.437	2.100	100
	9.00	6.11	61.91	79.51	57.78	BAL 1-b	29.84	
		3.57	64.78	175.00		a	-61.91	-170.31
2.00		0.00	76.15	110.00		a	85.73	115.15

Section : Cuaderna Maestra

x = 56.03 m

File : c:\documents and settings\jesus\mis documentos\pincho usb\proyecto definitivo\cuaderno 28\072016

Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	SigX1	ps	pw	Case	Tau1
CAdd		tTest	σ_N Actu.	σ_N Rule		Case	σ_{Ap} Buck σ_{CRIT} Buck
		tMini	τ_N Actu.	τ_N Rule		Case	τ_{Ap} Buck τ_{CRIT} Buck

11 - Forro interior tanque lateral

15	11.00	9.50	10.00	ST235	0.600	2.100	100
	9.25	7.64	27.16	36.74	39.33	BAL 1-b	102.75
		2.93	108.46	175.00		a	-83.90 -144.32
1.75		5.86	97.26	110.00		a	101.20 104.57

16	12.00	11.50	9.50	ST235	0.600	2.100	100
	10.50	9.81	53.19	75.33	55.98	BAL 1-b	94.38
		4.75	64.78	175.00		a	-61.91 -185.25
1.50		5.86	89.16	110.00		a	99.16 108.23

Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	SigX1	ps	pw	Case	Tau1
CAdd		tTest	σ_N Actu.	σ_N Rule		Case	σ_{Ap} Buck
		tMini	τ_N Actu.	τ_N Rule		Case	τ_{Ap} Buck
							σ_{CRIT} Buck

12 - Vagra B1

17	10.00	9.00	7.00		ST235	0.433	2.100	100
	8.00	3.23	68.28	13.08	24.79	BAL 2-d-	0.59	
		1.57	93.29	175.00		a	-89.16	-163.39
2.00		6.75	9.01	110.00		a	9.61	109.16

Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	SigX1	ps	pw	Case	Tau1
CAdd		tTest	σ_N Actu.	σ_N Rule		Case	σ_{Ap} Buck
		tMini	τ_N Actu.	τ_N Rule		Case	σ_{CRIT} Buck
						Case	τ_{Ap} Buck
							τ_{CRIT} Buck

13 - vagra B2

18	10.00	9.00	7.00	ST235	0.000	0.000	100
	8.00	0.00					
		0.00	93.29	175.00	a	-89.16	-163.39
2.00		0.00	8.79	110.00	a	9.38	109.16

Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
CAdd	tNetActu.	tLoad	SigX1	ps	pw	Case	Tau1
		tTest	σ_N Actu.	σ_N Rule		Case	σ_{Ap} Buck σ_{CRIT} Buck
		tMini	τ_N Actu.	τ_N Rule		Case	τ_{Ap} Buck τ_{CRIT} Buck

14 - Vagra B3

19	10.00	9.00	7.00	ST235	0.000	0.000	100
2.00	8.00	0.00					
		0.00	93.29	175.00	a	-89.16	-163.39
		0.00	11.83	110.00	a	12.62	109.16

Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	SigX1	ps	pw	Case	Tau1
CAdd		tTest	σ _N Actu.	σ _N Rule		Case	σ _{Ap} Buck
		tMini	τ _N Actu.	τ _N Rule		Case	σ _{CRIT} Buck
						Case	τ _{Ap} Buck
							τ _{CRIT} Buck

15 - vagra B4

20	10.00	9.00	6.50	ST235	0.000	0.000	100
	8.00	0.00					
		0.00	90.88	175.00	a	-80.06	-163.66
2.00		0.00	38.78	110.00	a	39.13	109.21

Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	SigX1	ps	pw	Case	Tau1
CAdd		tTest	σ _N Actu.	σ _N Rule		Case	σ _{Ap} Buck
		tMini	τ _N Actu.	τ _N Rule		Case	σ _{CRIT} Buck
						Case	τ _{Ap} Buck
							τ _{CRIT} Buck

16 - Panel 16

21	12.00	7.50	4.50	ST235	0.000	0.000	100
	10.00	0.00					
		0.00	7.04	175.00	c	-16.41	-168.79
2.00		0.00	5.30	110.00	c	5.65	111.03

Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
CAdd	tNetActu.	tLoad	SigX1	ps	pw	Case	Tau1
		tTest	σ _N Actu.	σ _N Rule		Case	σ _{Ap} Buck σ _{CRIT} Buck
		tMini	τ _N Actu.	τ _N Rule		Case	τ _{Ap} Buck τ _{CRIT} Buck

17 - Panel 17

22	12.00	7.50	6.00	ST235	0.000	0.000	100
2.00	10.00	0.00					
		0.00	50.72	175.00	a	-42.85	-168.14
		0.00	3.71	110.00	a	3.96	111.03

Section : Cuaderna Maestra

x = 56.03 m

File : c:\documents and settings\jesus\mis documentos\pincho usb\proyecto definitivo\cuaderno 28\072011

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	SigX1	ps	pw	Case			
	ANetActu.	ANetRule		ps	pw	Case			
		SigU	SigX1	ps	pw	Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case		sigApBu	sigCritBu

1 - Quilla

1	232.24	200.0	10.0	0.0	0.0	ST235	0.625	2.100	100
	204.22	160.97	89.16	74.61	31.63	SEA-a1			
	15.98	5.57		74.61	31.63	SEA-a1			
		182.00	93.99	74.61	31.63	SEA-a1			
1.00						a		-89.16	-198.25

2	232.24	200.0	10.0	0.0	0.0	ST235	0.625	2.100	100
	204.22	160.97	89.16	74.61	31.63	SEA-a1			
	15.98	5.57		74.61	31.63	SEA-a1			
		182.00	93.99	74.61	31.63	SEA-a1			
1.00						a		-89.16	-198.25

Section : Cuaderna Maestra

x = 56.03 m

File : c:\documents and settings\jesus\mis documentos\pincho usb\proyecto definitivo\cuaderno 28/07/2016

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	SigX1	ps	pw	Case			
	ANetActu.	ANetRule		ps	pw	Case			
		SigU	SigX1	ps	pw	Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case		sigApBu	sigCritBu

2 - Fondo

1	225.88	200.0	10.0	0.0	0.0	ST235	0.623	2.100	100
	198.56	160.44	89.16	74.61	31.63	SEA-a1			
	15.98	5.55		74.61	31.63	SEA-a1			
		160.83	93.99	74.61	31.63	SEA-a1			
1.00						a		-89.16	-193.69
2	225.94	200.0	10.0	0.0	0.0	ST235	0.625	2.100	100
	198.61	160.97	89.16	74.61	31.63	SEA-a1			
	15.98	5.57		74.61	31.63	SEA-a1			
		160.40	93.99	74.61	31.63	SEA-a1			
1.00						a		-89.16	-193.68
3	225.41	200.0	10.0	0.0	0.0	ST235	0.603	2.100	100
	198.18	156.15	89.16	74.61	31.63	SEA-a1			
	15.98	5.40		74.61	31.63	SEA-a1			
		164.21	93.99	74.61	31.63	SEA-a1			
1.00						a		-89.16	-193.84
4	225.94	200.0	10.0	0.0	0.0	ST235	0.625	2.100	100
	198.61	160.97	89.16	74.61	31.63	SEA-a1			
	15.98	5.57		74.61	31.63	SEA-a1			
		160.40	93.99	74.61	31.63	SEA-a1			
1.00						a		-89.16	-193.68
5	225.94	200.0	10.0	0.0	0.0	ST235	0.625	2.100	100
	198.61	160.97	89.16	74.61	31.63	SEA-a1			
	15.98	5.57		74.61	31.63	SEA-a1			
		160.40	93.99	74.61	31.63	SEA-a1			
1.00						a		-89.16	-193.68
6	225.94	200.0	10.0	0.0	0.0	ST235	0.625	2.100	100
	198.61	160.97	89.16	74.61	31.63	SEA-a1			
	15.98	5.57		74.61	31.63	SEA-a1			
		160.40	93.99	74.61	31.63	SEA-a1			
1.00						a		-89.16	-193.68
7	225.94	200.0	10.0	0.0	0.0	ST235	0.625	2.100	100
	198.61	160.97	89.16	74.61	31.63	SEA-a1			
	15.98	5.57		74.61	31.63	SEA-a1			
		160.40	93.99	74.61	31.63	SEA-a1			
1.00						a		-89.16	-193.68
8	225.94	200.0	10.0	0.0	0.0	ST235	0.625	2.100	100
	198.61	160.97	89.16	74.61	31.63	SEA-a1			
	15.98	5.63		74.61	32.73	SEA-c+			
		160.40	93.99	74.61	31.63	SEA-a1			
1.00						a		-89.16	-193.68

Section : Cuaderna Maestra

x = 56.03 m

File : c:\documents and settings\jesus\mis documentos\pincho usb\proyecto definitivo\cuaderno 28\072016\

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	SigX1	ps	pw	Case			
	ANetActu.	ANetRule		ps	pw	Case			
		SigU	SigX1	ps	pw	Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case		sigApBu	sigCritBu

2 - Fondo

9	218.95	200.0	10.0	0.0	0.0	ST235	0.407	2.100	100
	192.86	111.34	89.16	74.61	31.63	SEA-a1			
	15.98	4.01		74.61	35.46	SEA-c+			
		178.60	93.99	74.61	31.63	SEA-a1			
1.00						a		-89.16	-195.71

Section : Cuaderna Maestra

x = 56.03 m

File : c:\documents and settings\jesus\mis documentos\pincho usb\proyecto definitivo\cuaderno 26/07/2016

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WActu.		H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	SigX1	ps	pw		Case			
	ANetActu.	ANetRule		ps	pw		Case			
		SigU	SigX1	ps	pw		Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule					Case		sigApBu	sigCritBu

3 - Pantoque exterior

1	218.22		200.0	10.0	0.0	0.0	ST235	0.348	2.100	100
	192.57	96.06	88.57	74.33	31.68		SEA-a1			
	15.98	3.56		74.33	37.86		SEA-c+			
		181.81	93.37	74.33	31.68		SEA-a1			
1.00							a		-88.57	-199.95
2	244.43		200.0	12.0	0.0	0.0	ST235	0.456	2.100	100
	216.49	104.16	60.00	57.35	48.67		SEA-c+			
	19.98	4.37		57.35	48.67		SEA-c+			
		171.97	56.05	58.78	40.56		SEABAL 1-b			
1.00							a		-53.17	-198.39

Section : Cuaderna Maestra

x = 56.03 m

File : c:\documents and settings\jesus\mis documentos\pincho usb\proyecto definitivo\cuaderno 28/07/2016

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	SigX1	ps	pw	Case			
	ANetActu.	ANetRule		ps	pw	Case			
		SigU	SigX1	ps	pw	Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case		sigApBu	sigCritBu

4 - Forro exterior tanque

1	244.96	200.0	12.0	0.0	0.0	ST235	0.359	2.100	100
	217.20	80.98	60.00	51.46	50.01	SEA-c+			
	19.98	3.40		51.46	50.01	SEA-c+			
1.00		181.14	44.44	51.46	50.01	SEA-c+			
						c		-42.07	-199.57
2	255.17	200.0	12.0	0.0	0.0	ST235	0.600	2.100	100
	225.74	121.72	60.00	45.43	51.17	SEA-c+			
	19.98	5.11		45.43	51.17	SEA-c+			
1.00		180.99	34.73	45.43	51.17	SEA-c+			
						c		-32.63	-197.07
3	252.50	200.0	12.0	0.0	0.0	ST235	0.516	2.100	100
	223.51	102.42	60.00	39.40	52.35	SEA-c+			
	19.98	4.30		39.40	52.35	SEA-c+			
1.00		181.78	25.01	39.40	52.35	SEA-c+			
						c		-23.19	-197.79
4	252.24	200.0	12.0	0.0	0.0	ST235	0.509	2.100	100
	223.30	94.84	60.00	30.87	54.09	SEA-c+			
	19.98	3.98		30.87	54.09	SEA-c+			
1.00		182.53	14.08	30.87	54.09	SEA-c+			
						c		-12.55	-197.86
5	255.17	200.0	12.0	0.0	0.0	ST235	0.600	2.100	100
	225.74	104.81	60.00	42.78	41.01	SEABAL 1-b			
	19.98	4.40		42.78	41.01	SEABAL 1-b			
1.00		182.81	21.86	24.84	55.35	SEA-c+			
						c		-20.01	-197.07
6	255.17	200.0	12.0	0.0	0.0	ST235	0.600	2.100	100
	225.74	98.89	60.00	18.80	56.65	SEA-c+			
	19.98	4.15		18.80	56.65	SEA-c+			
1.00		183.33	29.63	18.80	56.65	SEA-c+			
						c		-27.46	-197.07
7	237.67	200.0	11.0	0.0	0.0	ST235	0.508	2.100	100
	209.20	81.55	60.00	12.77	57.99	SEA-c+			
	17.99	3.42		12.77	57.99	SEA-c+			
1.00		177.70	37.64	30.70	36.73	SEABAL 1-b			
						a		-35.12	-195.92
8	237.67	200.0	11.0	0.0	0.0	ST235	0.508	2.100	100
	209.20	75.51	60.00	4.38	59.90	SEA-c+			
	17.99	3.17		4.38	59.90	SEA-c+			
1.00		182.85	54.19	22.30	33.11	SEABAL 1-b			
						a		-50.57	-195.92

Section : Cuaderna Maestra

x = 56.03 m

File : c:\documents and settings\jesus\mis documentos\pincho usb\proyecto definitivo\cuaderno 28/07/2016

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	SigX1	ps	pw	Case			
	ANetActu.	ANetRule		ps	pw	Case			
		SigU	SigX1	ps	pw	Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case		sigApBu	sigCritBu

4 - Forro exterior tanque

9	240.41	200.0	11.0	0.0	0.0	ST235	0.600	2.100	100
	211.51	81.05	60.00	0.00	59.28	SEA-c+			
	17.99	3.40		0.00	59.28	SEA-c+			
		181.20	66.10	16.27	30.51	SEABAL 1-b			
1.00						a		-61.69	-195.15
10	240.41	200.0	11.0	0.0	0.0	ST235	0.600	2.100	100
	205.09	72.88	60.19	0.00	53.24	SEA-c+			
	16.97	3.05		0.00	53.24	SEA-c+			
		184.53	78.01	10.23	27.90	SEABAL 1-b			
1.25						a		-72.80	-195.08
11	237.66	200.0	11.0	0.0	0.0	ST235	0.508	2.100	100
	202.94	58.76	67.64	0.00	47.21	SEA-c+			
	16.97	2.35		0.00	47.21	SEA-c+			
		188.99	89.92	0.00	34.23	SEA-a1			
1.25						a		-83.92	-195.89

Section : Cuaderna Maestra

x = 56.03 m

File : c:\documents and settings\jesus\mis documentos\pincho usb\proyecto definitivo\cuaderno 28\072016

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	SigX1	ps	pw	Case			
	ANetActu.	ANetRule		ps	pw	Case			
		SigU	SigX1	ps	pw	Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case		sigApBu	sigCritBu

5 - Forro exterior cajon de torsion

1	257.57	200.0	12.0	0.0	0.0	ST315	0.600	2.100	100
	241.84	40.08	80.27	0.00	36.99	SEA-c+			
	22.00	1.66		0.00	36.99	SEA-c+			
0.50		257.79	110.09	0.00	24.01	SEA-a1			
						a		-102.74	-262.04
2	257.57	200.0	12.0	0.0	0.0	ST315	0.600	2.100	100
	241.84	34.79	87.72	0.00	30.96	SEA-c+			
	22.00	1.39		0.00	30.96	SEA-c+			
0.50		258.84	122.00	0.00	17.98	SEA-a1			
						a		-113.85	-262.04
3	257.57	200.0	12.0	0.0	0.0	ST315	0.600	2.100	100
	241.84	29.08	95.18	0.00	24.93	SEA-c+			
	22.00	1.12		0.00	24.93	SEA-c+			
0.50		257.81	133.91	0.00	16.81	SEA-a1			
						a		-124.97	-262.04
4	257.57	200.0	12.0	0.0	0.0	ST315	0.600	2.100	100
	241.84	24.84	136.08	0.00	16.81	SEA-a1			
	22.00	0.85		0.00	18.90	SEA-c+			
0.50		254.54	145.82	0.00	16.81	SEA-a1			
						a		-136.08	-262.04

Section : Cuaderna Maestra

x = 56.03 m

File : c:\documents and settings\jesus\mis documentos\pincho usb\proyecto definitivo\cuaderno 28\072016

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WActu.		H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	SigX1	ps	pw		Case			
	ANetActu.	ANetRule		ps	pw		Case			
		SigU	SigX1	ps	pw		Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule					Case		sigApBu	sigCritBu

6 - Cubierta Principal

1	235.04		200.0	10.0	0.0	0.0	ST315	0.500	2.100	100
	220.98	32.91	147.20	9.34	16.34		SEA-a1			
	18.00	0.92		9.34	16.34		SEA-a1			
		259.22	157.74	9.34	16.34		SEA-a1			
0.50							a		-147.20	-267.68

2	235.04		200.0	10.0	0.0	0.0	ST315	0.500	2.100	100
	220.98	32.91	147.20	9.34	16.34		SEA-a1			
	18.00	0.92		9.34	16.34		SEA-a1			
		259.22	157.74	9.34	16.34		SEA-a1			
0.50							a		-147.20	-267.68

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	SigX1	ps	pw	Case			
	ANetActu.	ANetRule		ps	pw	Case			
		SigU	SigX1	ps	pw	Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case		sigApBu	sigCritBu

7 - Forro interior cajon de torsion

1	231.74	200.0	10.0	0.0	0.0	ST315	0.600	2.100	100
	217.77	25.12	153.96	8.79	8.79	FLOOD 3-a			
	18.00	0.67		8.79	8.79	FLOOD 3-a			
		0.00	0.00	0.00	0.00	-			
0.50						a		-136.08	-262.05
2	231.74	200.0	10.0	0.0	0.0	ST315	0.600	2.100	100
	217.77	27.16	141.38	12.07	8.79	FLOOD 3-a			
	18.00	0.79		12.07	8.79	FLOOD 3-a			
		0.00	0.00	0.00	0.00	-			
0.50						a		-124.97	-262.05
3	231.74	200.0	10.0	0.0	0.0	ST315	0.600	2.100	100
	217.77	32.13	128.81	18.10	8.79	FLOOD 3-a			
	18.00	1.02		18.10	8.79	FLOOD 3-a			
		0.00	0.00	0.00	0.00	-			
0.50						a		-113.85	-262.05
4	231.74	200.0	10.0	0.0	0.0	ST315	0.600	2.100	100
	217.77	36.38	116.23	24.13	8.79	FLOOD 3-a			
	18.00	1.24		24.13	8.79	FLOOD 3-a			
		0.00	0.00	0.00	0.00	-			
0.50						a		-102.74	-262.05

Section : Cuaderna Maestra

x = 56.03 m

File : c:\documents and settings\jesus\mis documentos\pincho usb\proyecto definitivo\cuaderno 28\072016

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WActu.		H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	SigX1	ps	pw		Case			
	ANetActu.	ANetRule		ps	pw		Case			
		SigU	SigX1	ps	pw		Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule					Case		sigApBu	sigCritBu

8 - Cubierta cajon de torsion

1	183.54		180.0	10.0	0.0	0.0	ST315	0.500	2.100	100
	153.08	27.09	103.66	2.93	23.49		BAL 1-b			
	13.47	0.99		2.93	23.49		BAL 1-b			
		248.41	98.18	2.93	23.49		BAL 1-b			
1.25							a		-91.62	-264.47
2	183.54		180.0	10.0	0.0	0.0	ST315	0.500	2.100	100
	153.08	27.09	103.66	2.93	23.49		BAL 1-b			
	13.47	0.99		2.93	23.49		BAL 1-b			
		248.41	98.18	2.93	23.49		BAL 1-b			
1.25							a		-91.62	-264.47

Section : Cuaderna Maestra

x = 56.03 m

File : c:\documents and settings\jesus\mis documentos\pincho usb\proyecto definitivo\cuaderno 28/07/2016

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	SigX1	ps	pw	Case			
	ANetActu.	ANetRule		ps	pw	Case			
		SigU	SigX1	ps	pw	Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case		sigApBu	sigCritBu

9 - Fondo de Bodega

1	241.04	200.0	11.0	0.0	0.0	ST235	0.625	2.100	100
	212.39	108.57	61.91	60.00	25.88	UniCarg-b			
	17.98	4.50		60.00	25.88	UniCarg-b			
1.00		182.44	65.27	60.00	25.88	UniCarg-b			
						a		-61.91	-195.35
2	241.04	200.0	11.0	0.0	0.0	ST235	0.625	2.100	100
	212.39	108.57	61.91	60.00	25.88	UniCarg-b			
	17.98	4.50		60.00	25.88	UniCarg-b			
1.00		182.44	65.27	60.00	25.88	UniCarg-b			
						a		-61.91	-195.35
3	241.04	200.0	11.0	0.0	0.0	ST235	0.625	2.100	100
	212.39	113.43	60.00	9.34	72.42	SEA-c+			
	17.98	4.76		9.34	72.42	SEA-c+			
1.00		182.44	65.27	60.00	25.88	UniCarg-b			
						a		-61.91	-195.35
4	241.04	200.0	11.0	0.0	0.0	ST235	0.625	2.100	100
	212.39	118.56	60.00	9.34	76.04	SEA-c+			
	17.98	4.98		9.34	76.04	SEA-c+			
1.00		182.44	65.27	60.00	25.88	UniCarg-b			
						a		-61.91	-195.35
5	241.04	200.0	11.0	0.0	0.0	ST235	0.625	2.100	100
	212.39	123.69	60.00	9.34	79.67	SEA-c+			
	17.98	5.19		9.34	79.67	SEA-c+			
1.00		182.44	65.27	60.00	25.88	UniCarg-b			
						a		-61.91	-195.35
6	241.04	200.0	11.0	0.0	0.0	ST235	0.625	2.100	100
	212.39	133.95	60.00	9.34	86.92	SEA-c+			
	17.98	5.62		9.34	86.92	SEA-c+			
1.00		182.44	65.27	60.00	25.88	UniCarg-b			
						a		-61.91	-195.35
7	241.04	200.0	11.0	0.0	0.0	ST235	0.625	2.100	100
	212.39	139.08	60.00	9.34	90.55	SEA-c+			
	17.98	5.84		9.34	90.55	SEA-c+			
1.00		182.44	65.27	60.00	25.88	UniCarg-b			
						a		-61.91	-195.35
8	241.04	200.0	11.0	0.0	0.0	ST235	0.625	2.100	100
	212.39	144.21	60.00	9.34	94.18	SEA-c+			
	17.98	6.05		9.34	94.18	SEA-c+			
1.00		182.44	65.27	60.00	25.88	UniCarg-b			
						a		-61.91	-195.35

Section : Cuaderna Maestra

x = 56.03 m

File : c:\documents and settings\jesus\mis documentos\pincho usb\proyecto definitivo\cuaderno 28/07/2016

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WActu.		H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	SigX1	ps	pw		Case			
	ANetActu.	ANetRule		ps	pw		Case			
		SigU	SigX1	ps	pw		Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule					Case		sigApBu	sigCritBu

9 - Fondo de Bodega

9	241.04		200.0	11.0	0.0	0.0	ST235	0.625	2.100	100
	212.39	154.47	60.00	9.34	101.43		SEA-c+			
	17.98	6.48		9.34	101.43		SEA-c+			
		182.44	65.27	60.00	25.88		UniCarg-b			
1.00							a		-61.91	-195.35

10	241.04		200.0	11.0	0.0	0.0	ST235	0.625	2.100	100
	212.39	159.60	60.00	9.34	105.06		SEA-c+			
	17.98	6.70		9.34	105.06		SEA-c+			
		182.44	65.27	60.00	25.88		UniCarg-b			
1.00							a		-61.91	-195.35

11	233.40		200.0	11.0	0.0	0.0	ST235	0.405	2.100	100
	206.06	113.31	60.00	9.34	108.68		SEA-c+			
	17.98	4.75		9.34	108.68		SEA-c+			
		182.93	65.27	60.00	25.88		UniCarg-b			
1.00							a		-61.91	-197.46

Section : Cuaderna Maestra

x = 56.03 m

File : c:\documents and settings\jesus\mis documentos\pincho usb\proyecto definitivo\cuaderno 28\072016

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	SigX1	ps	pw	Case			
	ANetActu.	ANetRule		ps	pw	Case			
		SigU	SigX1	ps	pw	Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case		sigApBu	sigCritBu

10 - Fondo tanque lateral

1	230.03	200.0	11.0	0.0	0.0	ST235	0.345	2.100	100
	202.23	100.66	60.00	9.34	111.79	SEA-c+			
	18.00	4.22		9.34	111.79	SEA-c+			
		182.36	65.27	60.00	25.88	UniCarg-b			
1.00						a		-61.91	-197.42
2	234.94	200.0	11.0	0.0	0.0	ST235	0.438	2.100	100
	206.45	130.89	61.91	79.51	57.78	BAL 1-b			
	18.00	5.43		79.51	57.78	BAL 1-b			
		173.83	65.27	79.51	57.78	BAL 1-b			
1.00						a		-61.91	-196.23
3	234.91	200.0	11.0	0.0	0.0	ST235	0.437	2.100	100
	206.42	130.73	61.91	79.51	57.78	BAL 1-b			
	18.00	5.42		79.51	57.78	BAL 1-b			
		173.83	65.27	79.51	57.78	BAL 1-b			
1.00						a		-61.91	-196.24

Section : Cuaderna Maestra

x = 56.03 m

File : c:\documents and settings\jesus\mis documentos\pincho usb\proyecto definitivo\cuaderno 28/07/2016

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WGActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	SigX1	ps	pw	Case			
	ANetActu.	ANetRule		ps	pw	Case			
		SigU	SigX1	ps	pw	Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case		sigApBu	sigCritBu

11 - Forro interior tanque lateral

1	177.02		180.0	10.0	0.0	0.0	ST235	0.508	2.100	100
	147.70	43.34	94.92	4.20	25.30		BAL 1-b			
	13.47	1.44		4.20	25.30		BAL 1-b			
		183.03	89.90	4.20	25.30		BAL 1-b			
1.25							a		-83.90	-197.21
2	178.79		180.0	10.0	0.0	0.0	ST235	0.600	2.100	100
	149.01	57.57	82.34	10.24	27.91		BAL 1-b			
	13.47	2.09		10.24	27.91		BAL 1-b			
		171.17	77.99	10.24	27.91		BAL 1-b			
1.25							a		-72.78	-196.17
3	178.79		180.0	10.0	0.0	0.0	ST235	0.600	2.100	100
	154.39	64.03	69.77	16.28	30.51		BAL 1-b			
	14.39	2.53		16.28	30.51		BAL 1-b			
		166.89	66.08	16.28	30.51		BAL 1-b			
1.00							a		-61.67	-196.13
4	177.01		180.0	10.0	0.0	0.0	ST235	0.508	2.100	100
	152.96	61.39	60.00	22.31	33.11		BAL 1-b			
	14.39	2.58		22.31	33.11		BAL 1-b			
		169.15	54.17	22.31	33.11		BAL 1-b			
1.00							a		-50.55	-197.14
5	177.02		180.0	10.0	0.0	0.0	ST235	0.509	2.100	100
	152.97	74.04	60.00	30.70	36.73		BAL 1-b			
	14.39	3.11		30.70	36.73		BAL 1-b			
		162.17	37.64	30.70	36.73		BAL 1-b			
1.00							a		-35.12	-197.14
6	178.79		180.0	10.0	0.0	0.0	ST235	0.600	2.100	100
	154.39	95.64	60.00	36.74	39.33		BAL 1-b			
	14.39	4.01		36.74	39.33		BAL 1-b			
		147.33	25.73	36.74	39.33		BAL 1-b			
1.00							c		-25.84	-196.13
7	180.50		180.0	10.0	0.0	0.0	ST235	0.600	2.100	100
	156.11	106.08	60.00	42.78	41.94		BAL 1-b			
	14.38	4.45		42.78	41.94		BAL 1-b			
		168.43	20.02	42.78	8.13		BAL 1-d+			
1.00							c		-18.38	-198.46
8	178.81		180.0	10.0	0.0	0.0	ST235	0.508	2.100	100
	154.79	101.27	60.00	48.82	44.54		BAL 1-b			
	14.38	4.25		48.82	44.54		BAL 1-b			
		171.54	12.25	48.82	9.27		BAL 1-d+			
1.00							c		-10.93	-199.27

Section : Cuaderna Maestra

x = 56.03 m

File : c:\documents and settings\jesus\mis documentos\pincho usb\proyecto definitivo\cuaderno 28/07/2016

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	SigX1	ps	pw	Case			
	ANetActu.	ANetRule		ps	pw	Case			
		SigU	SigX1	ps	pw	Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case		sigApBu	sigCritBu

11 - Forro interior tanque lateral

9	178.81	180.0	10.0	0.0	0.0	ST235	0.509	2.100	100
	154.79	113.88	60.00	57.21	48.16	BAL 1-b			
	14.38	4.78		57.21	48.16	BAL 1-b			
		166.15	22.95	57.21	10.87	BAL 1-d+			
1.00						c		-21.35	-199.27
10	180.50	180.0	10.0	0.0	0.0	ST235	0.600	2.100	100
	156.11	141.48	60.00	63.25	50.77	BAL 1-b			
	14.38	5.94		63.25	50.77	BAL 1-b			
		121.73	29.56	63.25	50.77	BAL 1-b			
1.00						c		-30.79	-198.46
11	180.50	180.0	10.0	0.0	0.0	ST235	0.600	2.100	100
	156.11	151.92	60.00	69.29	53.37	BAL 1-b			
	14.38	6.38		69.29	53.37	BAL 1-b			
		116.16	42.82	69.29	53.37	BAL 1-b			
1.00						a		-40.62	-198.46
12	178.80	180.0	10.0	0.0	0.0	ST235	0.508	2.100	100
	154.78	140.98	60.00	75.33	55.98	BAL 1-b			
	14.38	5.92		75.33	55.98	BAL 1-b			
		125.38	56.08	75.33	55.98	BAL 1-b			
1.00						a		-53.19	-199.28

Section : Cuaderna Maestra

x = 56.03 m

File : c:\documents and settings\jesus\mis documentos\pincho usb\proyecto definitivo\cuaderno 28\072016

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WActu.		H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	SigX1	ps	pw		Case			
	ANetActu.	ANetRule		ps	pw		Case			
		SigU	SigX1	ps	pw		Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule					Case		sigApBu	sigCritBu

12 - Vagra B1

1	50.09		100.0	10.0	0.0	0.0	ST235	0.433	2.100	100
	41.82	33.78	60.00	8.73	25.45		BAL 2-d-			
	8.00	1.42		8.73	25.45		BAL 2-d-			
		123.56	84.42	8.73	18.65		BAL 2-b			
1.00							a		-80.08	-178.34

2	50.09		100.0	10.0	0.0	0.0	ST235	0.434	2.100	100
	41.83	30.74	60.00	4.37	26.11		BAL 2-d-			
	8.00	1.29		4.37	26.11		BAL 2-d-			
		133.54	74.86	4.37	16.77		BAL 2-b			
1.00							a		-71.01	-178.32

Section : Cuaderna Maestra

x = 56.03 m

File : c:\documents and settings\jesus\mis documentos\pincho usb\proyecto definitivo\cuaderno 28\072011

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	SigX1	ps	pw	Case			
	ANetActu.	ANetRule		ps	pw	Case			
		SigU	SigX1	ps	pw	Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case		sigApBu	sigCritBu

13 - vagra B2

1	50.09	100.0	10.0	0.0	0.0	ST235	0.433	2.100	100
	41.82	0.00							
	8.00	0.00							
1.00		0.00	0.00	0.00	0.00	-			
						a		-80.08	-178.34

2	50.09	100.0	10.0	0.0	0.0	ST235	0.434	2.100	100
	41.83	0.00							
	8.00	0.00							
1.00		0.00	0.00	0.00	0.00	-			
						a		-71.01	-178.32

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	SigX1	ps	pw	Case			
	ANetActu.	ANetRule		ps	pw	Case			
		SigU	SigX1	ps	pw	Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case		sigApBu	sigCritBu

14 - Vagra B3

1	50.09	100.0	10.0	0.0	0.0	ST235	0.433	2.100	100
	41.82	0.00							
	8.00	0.00							
1.00		0.00	0.00	0.00	0.00	-			
						a		-80.08	-178.34

2	50.09	100.0	10.0	0.0	0.0	ST235	0.434	2.100	100
	41.83	0.00							
	8.00	0.00							
1.00		0.00	0.00	0.00	0.00	-			
						a		-71.01	-178.32

Section : Cuaderna Maestra

x = 56.03 m

File : c:\documents and settings\jesus\mis documentos\pincho usb\proyecto definitivo\cuaderno 28\072011

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	SigX1	ps	pw	Case			
	ANetActu.	ANetRule		ps	pw	Case			
		SigU	SigX1	ps	pw	Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case		sigApBu	sigCritBu

15 - vagra B4

1	50.09	100.0	10.0	0.0	0.0	ST235	0.433	2.100	100
	41.82	0.00							
	8.00	0.00							
1.00		0.00	0.00	0.00	0.00	-			
						a		-70.99	-178.34

2	49.70	100.0	10.0	0.0	0.0	ST235	0.378	2.100	100
	41.52	0.00							
	8.00	0.00							
1.00		0.00	0.00	0.00	0.00	-			
						a		-80.06	-180.74

Section : Cuaderna Maestra

x = 56.03 m

File : c:\documents and settings\jesus\mis documentos\pincho usb\proyecto definitivo\cuaderno 28\072016

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	SigX1	ps	pw	Case			
	ANetActu.	ANetRule		ps	pw	Case			
		SigU	SigX1	ps	pw	Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case		sigApBu	sigCritBu

16 - Panel 16

1	51.95	100.0	10.0	0.0	0.0	ST235	0.500	2.100	100
	43.36	0.00							
	8.00	0.00							
1.00		0.00	0.00	0.00	0.00	-			
						c		-15.33	-170.84

2	51.95	100.0	10.0	0.0	0.0	ST235	0.500	2.100	100
	43.36	0.00							
	8.00	0.00							
1.00		0.00	0.00	0.00	0.00	-			
						c		-15.87	-170.84

Section : Cuaderna Maestra

x = 56.03 m

File : c:\documents and settings\jesus\mis documentos\pincho usb\proyecto definitivo\cuaderno 28\072011

Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WActu.	H ₁	E ₁	H ₂	E ₂	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	SigX1	ps	pw	Case			
	ANetActu.	ANetRule		ps	pw	Case			
		SigU	SigX1	ps	pw	Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule				Case		sigApBu	sigCritBu

17 - Panel 17

1	51.95	100.0	10.0	0.0	0.0	ST235	0.500	2.100	100
	43.36	0.00							
	8.00	0.00							
1.00		0.00	0.00	0.00	0.00	-			
						a		-42.85	-170.84

2	51.95	100.0	10.0	0.0	0.0	ST235	0.500	2.100	100
	43.36	0.00							
	8.00	0.00							
1.00		0.00	0.00	0.00	0.00	-			
						a		-42.85	-170.84

Motions and Accelerations**Local breadth at waterline**

	Draught (m)	Local Breadth (m)
For Scantling draught	7.420	21.000
For Ballast draught	3.362	21.000

Coordinates of center of gravity

Comp n°	X _G (m)	Y _G (m)	Z _G (m)
1	64.462	9.745	5.276
2	64.462	5.424	0.670
3	63.439	9.750	10.700
4	63.439	0.000	0.650

Acceleration

Comp n°	Draught (m)	Upright ship condition			Inclined ship condition		
		a _{X1} (m/s ²)	a _{Y1} (m/s ²)	a _{Z1} (m/s ²)	a _{X2} (m/s ²)	a _{Y2} (m/s ²)	a _{Z2} (m/s ²)
1	3.362 Ballast	1.679	0.000	4.231	0.000	4.804	2.663
2	3.362 Ballast	1.064	0.000	4.231	0.000	4.112	2.115
3	7.420 Scantling	1.868	0.000	4.231	0.000	4.704	1.968
4	7.420 Scantling	0.611	0.000	4.231	0.000	4.120	1.817

Acceleration case c and d (including CFA)

Comp n°	Draught (m)	Inclined ship condition (case c)			Inclined ship condition (case d)		
		a _{X1} (m/s ²)	a _{Y1} (m/s ²)	a _{Z1} (m/s ²)	a _{X2} (m/s ²)	a _{Y2} (m/s ²)	a _{Z2} (m/s ²)
1	3.362 Ballast	0.000	3.363	1.864	0.000	4.804	2.663
2	3.362 Ballast	0.000	2.878	1.481	0.000	4.112	2.115
3	7.420 Scantling	0.000	3.293	1.378	0.000	4.704	1.968
4	7.420 Scantling	0.000	2.884	1.272	0.000	4.120	1.817

Total Acceleration

Comp n°	Draught (m)	Case c				Case d			
			a _{TY₂} (m/s ²)	a _{TZ₂} (m/s ²)	Φ (rad)		a _{TY₂} (m/s ²)	a _{TZ₂} (m/s ²)	Φ (rad)
1	3.362 Ballast	(+)	2.354	-11.115	-0.209		3.363	-11.674	-0.280
		(-)	-2.354	-8.505	0.270		-3.363	-7.946	0.400
2	3.362 Ballast	(+)	2.015	-10.846	-0.184		2.878	-11.291	-0.250
		(-)	-2.015	-8.774	0.226		-2.878	-8.329	0.333
3	7.420 Scantling	(+)	2.305	-10.774	-0.211		3.293	-11.188	-0.286
		(-)	-2.305	-8.846	0.255		-3.293	-8.432	0.372
4	7.420 Scantling	(+)	2.019	-10.700	-0.186		2.884	-11.082	-0.255
		(-)	-2.019	-8.920	0.223		-2.884	-8.538	0.326

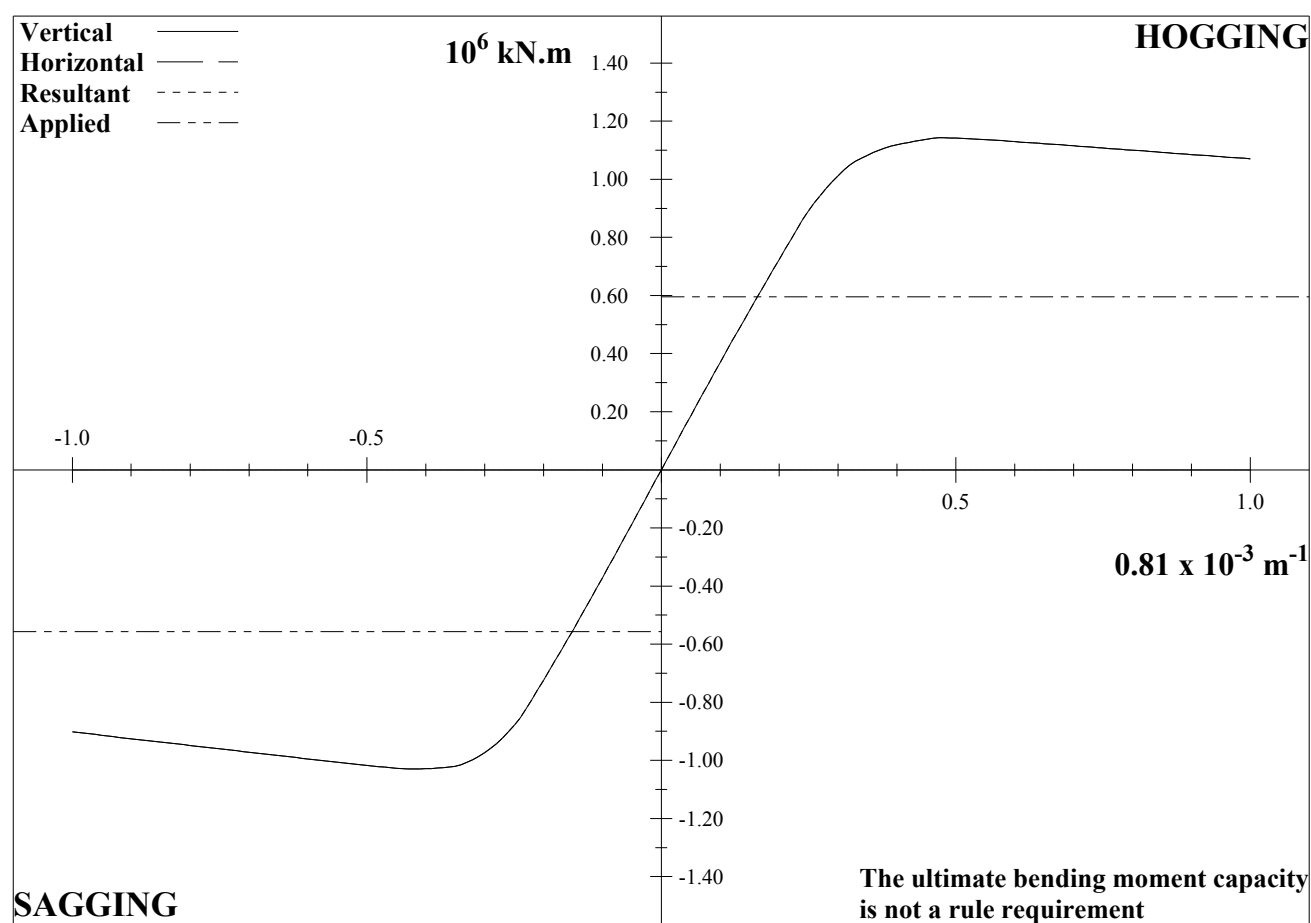
Comp n°	Draught (m)		Case c		Case d	
			Y _H (m)	Z _H (m)	Y _H (m)	Z _H (m)
1	3.362	Ballast (+)	9.000	9.200	9.000	9.200
		(-)	10.500	9.200	10.500	9.200
2	3.362	Ballast (+)	1.250	1.300	1.250	1.300
		(-)	10.313	1.300	10.313	1.300
3	7.420	Scantling (+)	9.000	12.200	9.000	12.200
		(-)	10.500	12.200	10.500	12.200
4	7.420	Scantling (+)	-1.250	1.300	-1.250	1.300
		(-)	1.250	1.300	1.250	1.300

Ultimate strength check (rule calculation)

Calculation options

Scantling: Net (with corrosion margin x 0.742)
 Solution: Standard control
 Moment: Fixed horizontal/vertical curvatures ratio
 Ratio: 0.00

Bending moment (kN.m)	Mu	Ultimate	Applied	%
Hogging	1 201 147.	1 143 297.	595 511.	52.09
Sagging	- 1 081 799.	- 1 029 696.	- 556 845.	54.08



**INDICE:**

1	EQUIPO PROPULSOR.....	4
1.1	FUNCIONAMIENTO DEL CONJUNTO HÉLICE-MOTOR.	5
2	MOTORES AUXILIARES PARA LOS GENERADORES.....	6
3	ESTIMACIÓN DEL CONSUMO.....	8
3.1	CONSUMO DEL MOTOR PRINCIPAL.....	8
3.2	CONSUMO DE F.O. DE LOS MOTORES AUXILIARES.	9
3.3	CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE F.O.....	9
3.4	ALMACENAMIENTO DE D.O.	10
4	SISTEMA DE COMBUSTIBLE.....	10
4.1	SISTEMA DE ALMACENAMIENTO, RECEPCIÓN Y TRASIEGO.....	10
4.1.1	Tanque almacén de F.O.	11
4.1.2	Tanque de sedimentación de F.O.....	12
4.1.3	Tanque de servicio diario HFO.....	12
4.1.4	Tanque de reboses de F.O.....	13
4.1.5	Bombas de trasiego de combustible.....	13
4.1.6	Bombas de trasiego automáticas.....	13
4.1.7	Sistema de almacenamiento de D. O.	14
4.1.8	Tanque almacén de D. O.....	14
4.1.9	Tanque de sedimentación del D. O.	14
4.1.10	Tanque de servicio diario de D. O.	15
4.1.11	Bomba de trasiego de D. O.....	15
4.2	SISTEMA DE PRETRATAMIENTO Y LIMPIEZA.....	15
4.2.1	Separadoras centrífugas de F. O.	17
4.2.2	Bombas de alimentación de las separadoras de HFO.	17
4.2.3	Separadora centrífuga de D. O.....	17
4.2.4	Bomba de alimentación separadora D. O.....	18
4.2.5	Tanque de lodos.....	18
4.2.6	Bomba de lodos.	19
4.3	SISTEMA DE ALIMENTACIÓN PRESURIZADO.	19
4.3.1	Bombas de suministro de combustible.....	20
4.3.2	Bombas de circulación de F. O.	21
4.3.3	Calentador de combustible.....	22
5	SISTEMAS DE LUBRICACIÓN Y REFRIGERACIÓN POR ACEITE.	22
5.1	LUBRIFICACIÓN DE LA LÍNEA DE EJES.	22
5.2	LUBRIFICACIÓN DE LA BOCINA.	22
5.3	LUBRIFICACIÓN DEL MOTOR PRINCIPAL.....	23
5.3.1	Sistema de lubricación de camisas.....	23
5.3.2	Sistema de lubricación del cárter.....	26
5.3.3	Sistema de lubricación de los motores auxiliares.....	32
5.4	TANQUE DE AGUAS ACEITOSAS.....	32
6	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.....	33
6.1	VÁLVULAS TERMOSTÁTICAS.....	35



6.2	BOMBAS.	35
6.2.1	Bombas de agua salada.	36
6.2.2	Bombas de agua dulce.	36
6.3	ENFRIADORES.	37
6.3.1	Enfriador central.	37
6.3.2	Enfriador de aceite de lubricación.	38
6.3.3	Enfriador del agua de camisas.	38
6.3.4	Enfriador de aire de barrido.	39
6.4	TANQUE DE EXPANSIÓN.	40
6.5	TANQUE DE DESAIREACIÓN.	40
7	SERVICIO DE AIRE COMPRIMIDO.	40
7.1	COMPRESORES	41
7.2	BOTELLAS PRINCIPALES.	42
7.3	COMPRESORES PRINCIPALES.	42
7.4	MOTORES AUXILIARES.	42
7.5	BOTELLA DE AIRE DE SERVICIO.	42
7.6	COMPRESOR DE AIRE DE SERVICIO.	43
7.7	COMPRESOR DE AIRE DE EMERGENCIA Y RELLENO.	43
8	SERVICIO DE EXHAUSTACIÓN DE GASES DE COMBUSTIÓN.	43
8.1	SERVICIO DE EXHAUSTACIÓN DEL MOTOR PRINCIPAL.	43
8.1.1	Tuberías de exhaustación.	43
8.1.2	Caldera de gases de escape.	43
8.1.3	Silenciador.	44
8.1.4	Equipo apaga chispas.	45
8.2	MOTORES AUXILIARES.	45
9	CÁMARA DE MÁQUINAS DESATENDIDA.	46
10	ANEXOS	47





1 EQUIPO PROPULSOR.

Un motor de cuatro tiempos es más ligero y posee menos empacho que uno de dos, sin embargo el segundo se acopla directamente a la hélice sin la necesidad de reductora. Además los motores de dos tiempos presentan un consumo inferior.

Por lo tanto un motor de dos tiempos es más económico en el mantenimiento y consumo. Nuestro equipo propulsor estará formado por un motor de dos tiempos, lento, reversible y directamente acoplado al eje de la hélice de palas fijas.

Como vimos en el cuadernillo 5, necesitaremos un motor que proporcione una potencia máxima continua (M.C.R.) de 11682 c.v. Equivalente a 8598,05 kW. Otro dato importante en la elección del motor es las revoluciones del propulsor, en nuestro caso de 97,55 r.p.m. \approx 98 r.p.m.

Un factor condicionante en la elección del motor a elegir, será que las dimensiones permitan que entre en cámara de máquinas.

Se estudiarán distintos modelos de motores de las marcas MAN y Wärtsila, comparando sus funcionamientos con los requeridos en el proyecto. Finalmente se escogerá el motor MAN S50ME-MC7 de 8 cilindros. Al escoger el motor de 8 cilindros se evitará que se produzcan problemas de vibraciones en el conjunto propulsor al ser la hélice de 5 palas.

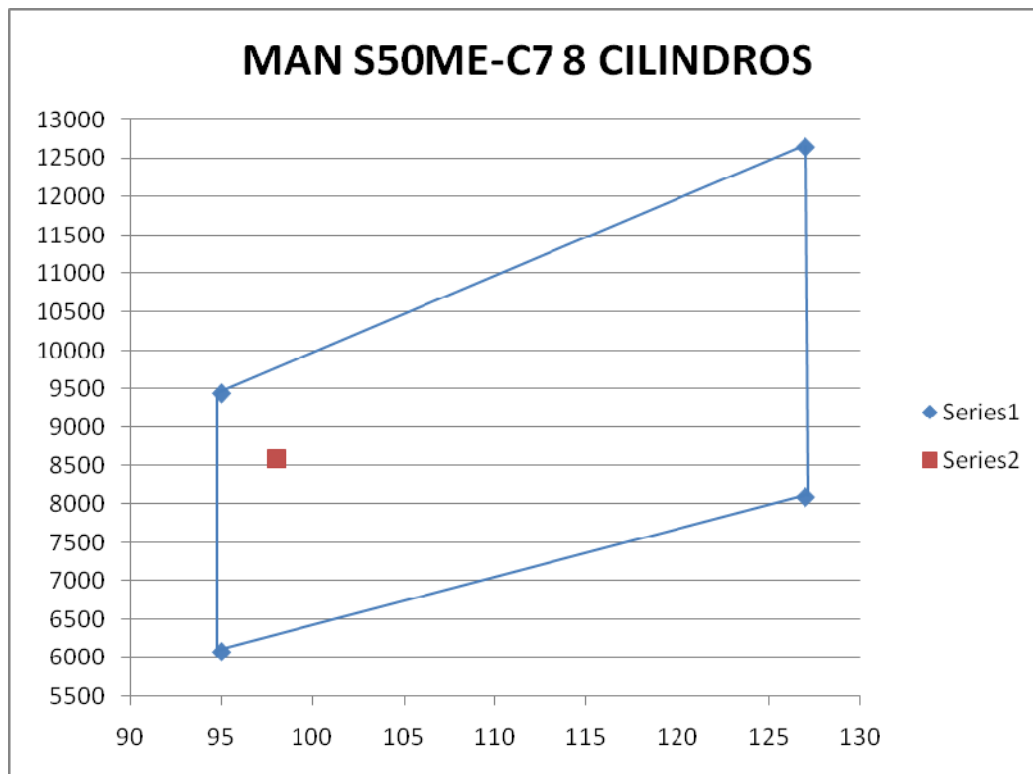
Como la altura del doble fondo será de 1,3 m y la altura del cigüeñal del motor es de 1,085 m se tendrá que elevar el motor 0,36 m del fondo de la cámara de máquinas para que el eje del cigüeñal coincida con el eje de la hélice.

Con estos valores se tendrá una altura de la línea central del cigüeñal del motor principal a la cubierta superior de 9,5 m. El manual del motor indica que para poder desmontar las bielas, esa distancia deberá ser como mínimo de 9 m, que es menor que la que tendrá en nuestro caso, luego cumplirá con las especificaciones del fabricante.



1.1 FUNCIONAMIENTO DEL CONJUNTO HÉLICE-MOTOR.

El motor elegido se debe ajustar para que de la potencia prevista con las revoluciones deseadas. Para ello debemos verificar que el punto óptimo de funcionamiento según calculamos en el cuadernillo 5 está dentro de la zona de trabajo de nuestro motor.



Como vemos este motor puede trabajar con los requisitos que necesitamos, únicamente que el fabricante deberá hacer las modificaciones oportunas para que la MCR del motor y las revoluciones coincidan con las buscadas. Esta adaptación sacrifica parte de potencia del motor para obtener menos consumo específico y/o la mejora del rendimiento propulsivo.



2 MOTORES AUXILIARES PARA LOS GENERADORES

Para generar la electricidad requerida en la embarcación, podemos optar por tres opciones:

- Instalación de un generador de cola. Como decidimos instalar una hélice de palas fijas, las revoluciones del motor no son constantes por lo que económicamente no es una opción viable ya que necesitaríamos instalar con el generador otra serie de aparatos que eleva el coste inicial y su mantenimiento. Solo se podría usar además durante la navegación, requiriendo equipos de generación eléctrica extras.
- Instalación de un equipo de recuperación de gases de escape.
- Instalación de tres grupos electrógenos, formados por un motor diesel alimentado por el mismo tipo de combustible que el motor principal y por un alternador.

Se puede realizar una estimación de la potencia eléctrica demandada por la embarcación cuando navega, usando la fórmula propuesta por SNAME:

$$P = 0,015 \cdot SHP + 1,6 \cdot NT + 9\sqrt{NT} + 80$$

Siendo:

P la potencia eléctrica estimada en Kw

SHP la potencia al eje entregada por el motor sin las pérdidas por la línea de ejes. (consideramos el rendimiento mecánico de la línea de 0,98).

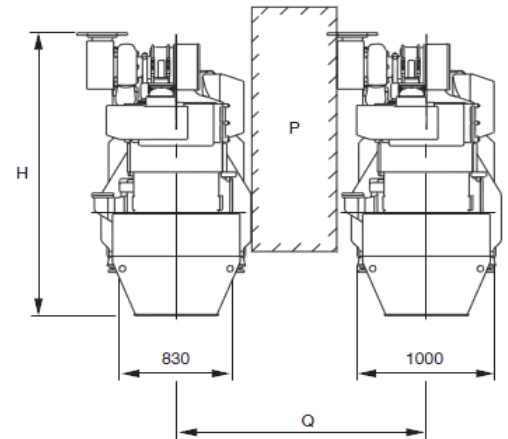
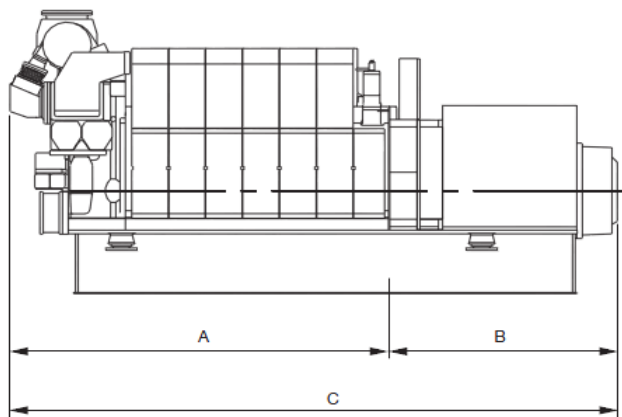
NT el número de tripulantes. Siendo en nuestro caso de 17 personas.



Además habrá que tener en cuenta para nuestro barco, los 50 contenedores refrigerados que debe poder llevar nuestro barco sobre cubierta.

Se seleccionarán tres generadores de la misma marca que el motor principal pues representará una ventaja desde el punto de vista de suministro de repuestos, reparaciones y mantenimientos. El cálculo de los generadores se realizarán en el cuaderno 11 y de acuerdo a ello se optará por el modelo MAN 7L 16/24 con las siguientes características:

Grupo Auxiliar Generador MAN 7L 16/24	
Cilindros	7
Diámetro (mm)	160
Carrera (mm)	240
Peso (t)	11,4
Régimen (r.p.m.)	1200
Consumo (g/Kwh)	196
Potencia motor(Kw)	770
Potencia alternador (Kw)	730
Frecuencia (Hz)	60
Dimensiones (mm)	
A	3301
B	1585
C	4886
D	2226
W	1000



Siendo:

P, el pasillo entre motores con unas dimensiones mínimas de 2 m de altura y 0,6 m de ancho.

Q, la distancia mínima entre motores que será igual a 1,8 m.

3 ESTIMACIÓN DEL CONSUMO.

3.1 CONSUMO DEL MOTOR PRINCIPAL.

Según el fabricante, para el punto de funcionamiento optimizado el motor principal consumirá 167,1 g/KWh. A este valor se le sumará le aplicarán los márgenes siguientes:

- Margen del fabricante, el motor siempre consumirá algo más de lo indicado por el fabricante, se estimará en un 3%.
- Margen por variación del poder calorífico del combustible a usar por si el poder del HFO es menor de lo esperado, se estimará en un 4%

Se tendrá así un consumo de 179 g/KWh.



La autonomía según especificaciones de proyecto será de 5500 millas al 90 % de MCR, por lo que viendo las tablas del cuaderno 5 tendremos una velocidad de 19 nudos y 10514 c.v. (7731 KW), lo cual equivale a 12,1 días de navegación.

Tendremos por tanto un consumo de:

$$\text{Consumo diario} = 179 \cdot 24 \cdot 7731 \approx 33,3 \text{ t}$$

$$\text{Consumo total} = 179 \cdot 290 \cdot 7731 \approx 401 \text{ t}$$

Además se le añadirá un margen del 15 % de margen de mar, ya que éste puede aumentar esa cantidad dependiendo del estado de la mar.

Por último, tenemos la obligación de llegar a puerto con al menos un 10 % del combustible, con lo que teniendo en cuenta estos dos últimos factores, deberemos tener una capacidad total de 508 t.

3.2 CONSUMO DE F.O. DE LOS MOTORES AUXILIARES.

Del mismo modo se obtendrá un consumo de los motores auxiliares de 196 g/KWh. Teniendo en cuenta los mismos márgenes que en el punto anterior, se tendrá un consumo de 210 g/KWh.

Se tendrá por motor unos consumos de 161,5 Kg/h, 3,88 t/día y 60 t durante la travesía aplicándose los márgenes anteriores.

3.3 CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE F.O.

Se tendrá, teniendo en cuenta los valores de los apartados anteriores, una necesidad de combustible de 568 t, además habrá tener en cuenta el consumo de la caldera de vapor que será de 26 t, lo que dará un total de 593 t. Como la densidad del combustible es de 940 Kg/m³, el volumen necesario será de 631 m³.



3.4 ALMACENAMIENTO DE D.O.

En ocasiones los motores han de ser alimentados con D.O. como puede ser en arranques en frío, reparación del sistema de F.O., limpieza de tuberías, u otros motivos. Por ello se dispondrá del D.O. suficiente para alimentar al motor principal y a los auxiliares como mínimo 24 horas.

En un día se consumirían 41 t a lo que sumará 1,6 t debida a la caldera de vapor lo que dará un total de 48 t, con una densidad de $0,85 \text{ t/m}^3$, tenemos un volumen de unos $56,5 \text{ m}^3$.

La bomba de trasiego de D.O. tendrá una capacidad igual a las de trasiego de H.F.O. y una de las bombas de combustible pesado actuará como bomba de respeto de D.O.

4 SISTEMA DE COMBUSTIBLE.

Al diseñar el usar el mismo tipo de combustible tanto el motor principal como los auxiliares, podemos usar un servicio de combustible común para todos ellos.

El servicio de combustible está compuesto por:

- Sistema de almacenamiento, recepción y trasiego.
- Sistema de tratamiento.
- Sistema de alimentación presurizado.

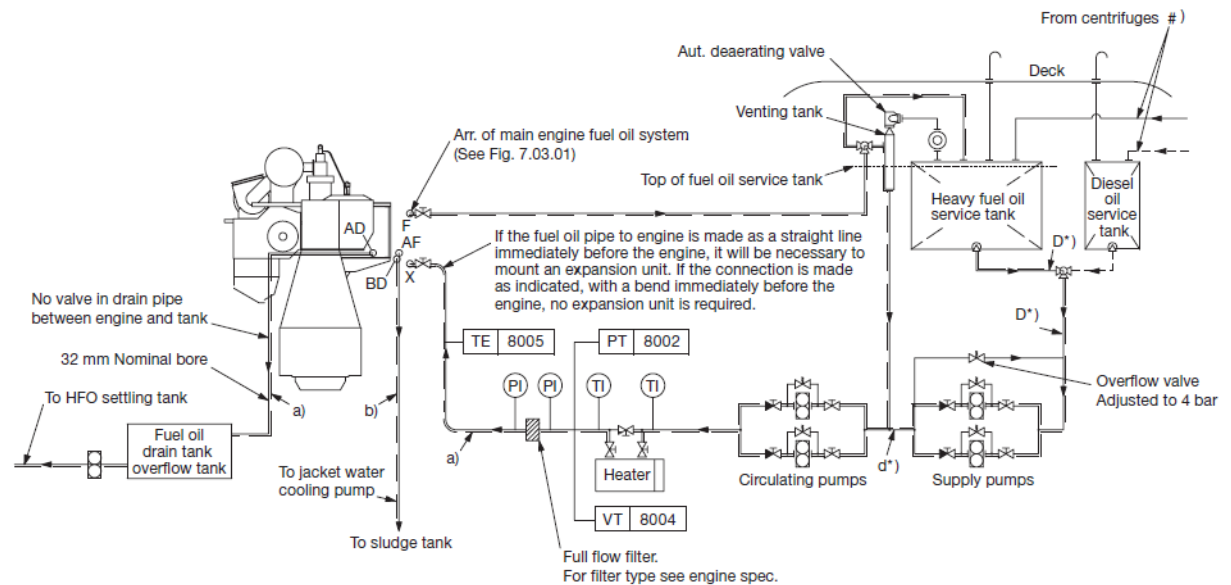
4.1 SISTEMA DE ALMACENAMIENTO, RECEPCIÓN Y TRASIEGO.

La mezcla de dos combustible de este tipo de distintos orígenes puede producir la precipitación de lodos de difícil eliminación. Por lo tanto se evitará la mezcla y se dispondrá de tanques de almacenamiento segregados y dos tanques de sedimentación.



El tanque de servicio diario será único con una capacidad de almacenamiento para un consumo de 24 horas.

A continuación se tendrá un esquema del sistema:



#) Approximately the following quantity of fuel oil should be treated in the centrifuges: 0.23 l/kwh as explained in Section 7.05. The capacity of the centrifuges to be according to manufacturer's recommendation.

*) D to have min. 50% larger passage area than d.

4.1.1 Tanque almacén de F.O.

Estos tanques están equipados con un sistema de serpentines para calentar mantener el combustible a una temperatura de 40 a 50° C y que así se pueda bombear al tanque de sedimentación Se debe tener en cuenta sobredimensionarlo un 2% de llenado y un 3 % por el hierro.

Su capacidad será por tanto de 505,6 t, un volumen de 538 m³ y teniendo en cuenta los márgenes de llenado y hierros el volumen del tanque de reboses será 565 m³.



4.1.2 Tanque de sedimentación de F.O.

Los fabricantes de motores recomiendan diseñar los tanques de sedimentación para garantizar el servicio de combustible durante 24 horas. Estos tanques poseen el fondo inclinado para facilitar la decantación y están equipados con purgas de lodos y agua. Posee además un serpentín de calefacción que mantenga una temperatura entre 50 y 70°C para mantener una temperatura constante en la depuradora. Estos tanques tendrán doble capa de 20 cm para evitar fugas.

Su capacidad será por tanto de 44,6 t, un volumen de 47,5 m³ y teniendo en cuenta los márgenes de llenado y hierros, el volumen del tanque de sedimentación será 50 m³. Cada tanque deberá tener 25 m³.

4.1.3 Tanque de servicio diario HFO.

Desde los tanques de sedimentación se pasa por el sistema de tratamiento de combustible y de ahí llega a los tanques de servicio diario. Este tanque deberá garantizar el suministro de combustible durante 24 horas. Este tanque tendrá doble capa de 20 cm para evitar fugas.

La temperatura de entrada de este tanque deberá ser algo menor que la necesaria en la purificadora., para ello irá provisto de un serpentín y estará bien aislado.

Su capacidad será por tanto de 44,6 t, un volumen de 47,5 m³ y teniendo en cuenta los márgenes de llenado y hierros, el volumen del tanque de servicio diario será 50 m³.



4.1.4 Tanque de reboses de F.O.

Recoge los reboses de combustible procedentes de los dos tanques anteriores, purgas y fugas del servicio de combustible. La capacidad mínima será la equivalente a 6 horas de consumo diario de F. O.

Por lo tanto su capacidad será de 11,15 t, un volumen de 11,9 m³ y teniendo en cuenta los márgenes de llenado y hierros el volumen del tanque de reboses será 12,5 m³.

4.1.5 Bombas de trasiego de combustible.

Son las encargadas de llenar el tanque de sedimentación con el combustible procedente del tanque de almacén.

Se usarán para el F. O. pero se podrían usar para D. O. en caso de necesidad. Se supondrá un rendimiento del 0,65. Se montarán dos bombas de este tipo, quedando una de respeto. Tendrán las siguientes características:

Bombas de trasiego de HFO	
Tipo	Tornillo accionado por motor eléctrico
Unidades instaladas/servicio	2/1
Caudal	45 m ³ /h
Presión	55 m.c.a.
Potencia	13,25 KW

4.1.6 Bombas de trasiego automáticas.



Son las encargadas de mantener el nivel constante en el tanque de sedimentación y por lo tanto la temperatura de entrada en las purificadoras. Poseen un control de nivel en el tanque de sedimentación que provoca su marcha o parada.

Tendrán las siguientes características:

Bombas automáticas de HFO	
Tipo	Tornillo accionado por motor eléctrico
Unidades instaladas/servicio	2/1
Caudal	3,2 m ³ /h
Presión	50 m.c.a.
Potencia	0,86 KW

4.1.7 Sistema de almacenamiento de D. O.

Aunque tanto los motores como los generadores consumen F.O., disponemos de un sistema de almacenamiento de D. O. para poder arrancar el motor principal tras una parada larga y en una posible avería de la línea de F. O. El grupo de emergencia es alimentado también por esta línea de D. O.

4.1.8 Tanque almacén de D. O.

Se dispone de un tanque de almacenamiento Por lo tanto su capacidad será de 21,5 t, un volumen de 25,3 m³ y teniendo en cuenta los márgenes de llenado y hierros el volumen del tanque de reboses será 26,6 m³. Este tanque tendrá doble capa de 20 cm para evitar fugas.

4.1.9 Tanque de sedimentación del D. O.

Es como el tanque de sedimentación de F. O. pero sin calentadores ni aislamiento. Se dimensiona para 6 horas de funcionamiento de motores principal y auxiliares. Este tanque tendrá doble capa de 20 cm para evitar fugas.



Por lo tanto su capacidad será de 10,75 t, un volumen de 12,8 m³ y teniendo en cuenta los márgenes de llenado y hierros el volumen del tanque de reboses será 13,5 m³.

4.1.10 Tanque de servicio diario de D. O.

El tanque de servicio se dimensiona con las mismas características de tamaño que el de sedimentación. Tampoco necesita calefacción, por lo que no tiene ni serpentines ni aislamiento. Este tanque tendrá doble capa de 20 cm para evitar fugas.

Por lo tanto su capacidad será de 10,75 t, un volumen de 12,8 m³ y teniendo en cuenta los márgenes de llenado y hierros el volumen del tanque de reboses será 13,5 m³.

4.1.11 Bomba de trasiego de D. O.

Debe tener la misma capacidad de bombeo que las bombas automáticas de F. O. y también trabaja de modo automático. Se puede usar una de las bombas de F. O como respeto para la línea de D. O., para ello se pondrá a la entrada de esa bomba una válvula que permita seleccionar de donde aspira el combustible.

Bomba automática de DO	
Tipo	Tornillo accionado por motor eléctrico
Unidades instaladas/servicio	1/1
Caudal	3,2 m ³ /h
Presión	50 m.c.a.
Potencia	0,86KW

4.2 SISTEMA DE PRETRATAMIENTO Y LIMPIEZA.

La instalación de este sistema abordo viene motivado porque los combustibles empleados poseen una elevada concentración de contaminantes sólidos y líquidos, por



lo que debemos eliminarlos. Los contaminantes que aparecen principalmente en el combustible son partículas sólidas (hollín, arena, polvo, impurezas debidas a corrosiones de tanques y tuberías, catalizadores residuales del proceso de refinar el petróleo, etc.) y líquidos (agua dulce y salada).

Este sistema está formado por:

- Precalentadores de combustible
- Separadoras centrífugas
- Filtros y bombas

Los sólidos que no pueden ser eliminados por filtrado y los contaminantes líquidos pueden ser separados por decantación aprovechando las diferencias de densidades. En los tanques de sedimentación se produce una primera separación de agua y lodos, además allí se mantiene una temperatura constante.

Desde este tanque las bombas de trasiego automáticas envían el combustible a las separadoras centrífugas que operan a caudal y temperatura constante. En el lado de aspiración de la bomba se instala un filtro que elimine las partículas sólidas más gruesas que podrían dañar la bomba. Como se dijo antes, al caudal de trabajo no debe ser influido por el consumo del motor, por lo que se trabajará con mayor caudal que el consumo, por lo tanto se instala una tubería de rebose de retorno del tanque de servicio diario al de sedimentación.

Una disposición adecuada de las separadoras sería montar dos en serie de forma que la primera funcione como purificadora y la segunda como clarificadora, mejorándose así notablemente la depuración del combustible. Es importante que esta instalación permita además a las separadoras trabajar en paralelo, pasando la mitad de caudal por cada una en caso de exista una gran cantidad de agua y lodos en el F. O.

Las separadoras centrífugas son autolimpiables y cada una es suficiente para depurar la totalidad del combustible.



El fuel llega al tanque de servicio diario dónde se mantendrá a una temperatura constante de aproximadamente 98° C.

4.2.1 Separadoras centrífugas de F. O.

El caudal de la separadora vendrá recomendado por el fabricante del motor principal y es de 0,23 l/KWh. Se supondrá para el cálculo del caudal la potencia máxima de los motores, con lo que se obtendrá un caudal de 2281 l/h.

De este modo se instalarán dos separadoras centrífugas autolimpiantes con capacidad para tratar 2400 l/h de HFO cada una de ellas. Se estimará un consumo eléctrico de cada una de ellas de 11 KW.

4.2.2 Bombas de alimentación de las separadoras de HFO.

Se supondrá un rendimiento de las bombas de 0,65. Tendrán las siguientes características:

Bombas alimentación separadoras HFO	
Tipo	Tornillo accionado por motor eléctrico
Unidades instaladas/servicio	2/1
Caudal	5,1 m ³ /h
Presión	60 m.c.a.
Potencia	1,65 KW

4.2.3 Separadora centrífuga de D. O.

Se utiliza una separadora del mismo tamaño que la de F. O. y que con las modificaciones oportunas sirva también de respeto para el aceite. La temperatura de recomendad es de 40°C.



Por lo tanto será de una capacidad de 2400 l/h y 11 Kw.

4.2.4 Bomba de alimentación separadora D. O.

Sólo habrá una instalada, usando como respeto una del HFO. Tendrá las mismas características que las de HFO:

Bomba alimentación separadoras DO	
Tipo	Tornillo accionado por motor eléctrico
Unidades instaladas/servicio	1/1
Caudal	5,1 m ³ /h
Presión	60 m.c.a.
Potencia	1,65 KW

4.2.5 Tanque de lodos

Tendrá capacidad para albergar los desechos procedentes de todo el F. O. consumido durante la navegación que estimamos como mínimo en un 2% del F. O. consumido.

Su volumen será por tanto de unos 14 m³, teniendo en cuenta los márgenes de llenado e hierro.

El tanque se situará en la cámara de máquinas, en el doble fondo, tan cerca de las depuradoras como sea posible. Su temperatura será de unos 50 ° C, por lo que lleva un serpentín.



4.2.6 Bomba de lodos.

Deberá ser capaz de vaciar el tanque de lodos en menos de 2 horas en puerto. Por lo tanto tendrá un caudal de 7 m³/h y se supondrá un rendimiento de 0,65. Sus características serán:

Bomba de lodos	
Tipo	Tornillo accionado por motor eléctrico
Unidades instaladas/servicio	1/1
Caudal	7 m ³ /h
Presión	30 m.c.a.
Potencia	1,15 KW

4.3 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN PRESURIZADO.

Se instala para evitar la formación de gas y vapor en el ramal de retorno desde el motor. Está diseñado para trabajar tanto con F. O. como con D. O., para ello se dispone de tuberías de alimentación desde ambos tanques coincidentes en una válvula de tres vías situada antes de la bomba de baja presión.

El sistema está formado por los siguientes circuitos:

- Baja presión o trasiego de combustible.
- Alta presión o circulación de combustible.

El combustible entra en el circuito de baja presión desde los tanques de servicio diarios y es impulsado por las bombas de alimentación a una presión de 6 bar. Hacia el circuito de circulación. Mediante un bypass se recircula el exceso de F. O. hacia la aspiración de las bombas. Esta tubería está dotada de una válvula de regulación para mantener la



presión constante en la entrada de circuito de alta independientemente de la carga del motor.

Las bombas de presión elevan la circulación hasta 10 bares. Para garantizar la adecuada alimentación de los inyectores, la capacidad de las bombas de circulación será superior al consumo. El exceso de combustible suministrado se recircula a través del tanque de desaireación a hacia la aspiración de las bombas de circulación por un lado y de nuevo al tanque de servicio diario.

La presión de alimentación se mantiene constante mediante una válvula calibrada situada en el motor principal.

Desde la descarga de las bombas de circulación el fuel pasa a través de un calentador para elevar la temperatura hasta alcanzar la viscosidad adecuada que asegure la correcta inyección del combustible. Para proteger los componentes del sistema de inyección hay un filtro fino a la entrada de combustible al motor principal.

4.3.1 Bombas de suministro de combustible.

Mantendrán la presión en el sistema de alimentación de combustible. Se supondrá un rendimiento de 0,65.

Bombas de suministro de combustible	
Tipo	Tornillo accionado por motor eléctrico
Unidades instaladas/servicio	2/1
Caudal	3,2 m ³ /h
Presión	60 m.c.a.
Potencia	1,1 KW



4.3.2 Bombas de circulación de F. O.

Elevarán la presión e combustible para garantizar los valores necesarios en los inyectores. La presión deberá ser algo mayor que la mínima necesaria para la inyección. Se instalan dos bombas, una de ellas de respeto. Se supondrá un rendimiento de 0,65.

Bombas de suministro de circulación del motor principal	
Tipo	Tornillo accionado por motor eléctrico
Unidades instaladas/servicio	2/1
Caudal	5,1 m ³ /h
Presión	100 m.c.a.
Potencia	2,8 KW

Los motores auxiliares usarán bombas de las mismas características:

Bombas de suministro de circulación de los motores auxiliares	
Tipo	Tornillo accionado por motor eléctrico
Unidades instaladas/servicio	2/1
Caudal	5,1 m ³ /h
Presión	100 m.c.a.
Potencia	2,8 KW

Toda la línea de combustible estará aislada y acompañada por una línea de vapor, de modo que mantengan su temperatura en cualquier condición, incluso ante una parada imprevista del motor principal antes de haberse podido realizar el cambio a un combustible ligero de modo que en ningún caso se solidifique en el interior de las conducciones.



4.3.3 Calentador de combustible.

A la salida de las bombas de circulación se colocará un calentador para que el combustible tenga una viscosidad apropiada en la inyección. Elevará la temperatura a 150°C.

Tras el calentador se instalará un filtro para proteger de partículas extrañas el motor.

5 SISTEMAS DE LUBRICACIÓN Y REFRIGERACIÓN POR ACEITE.

Describiremos por separado los sistemas de lubricación de los distintos elementos (línea de ejes, bocina, motor principal y motores auxiliares).

5.1 LUBRICACIÓN DE LA LÍNEA DE EJES.

Se deben lubricar los apoyos del eje (chumaceras). Dispondremos de dos apoyos para el eje, la chumacera de empuje incluida en el motor principal y en los cojinetes de la bocina. De este modo no dispondremos de elementos independientes para lubricarlas, sino que la chumacera de apoyo será lubricada por el sistema de lubricación del motor principal y el otro apoyo por el sistema de lubricación de la bocina.

5.2 LUBRICACIÓN DE LA BOCINA.

Este sistema de lubricación asegura un buen rendimiento del sistema propulsor, así como ayuda a la estanqueidad de la zona de popa impidiendo tanto el paso de agua marina al interior como la pérdida de aceite al exterior.

Dispondremos de un tanque alto de aceite conectándolo a la bocina mediante dos tuberías que permitirán la circulación del lubricante por diferencia de temperatura. La bocina se encuentra rodeada por el tanque de refrigeración de la bocina, lleno de agua salada.



El volumen del tanque será de unos 2 m³.

5.3 LUBRIFICACIÓN DEL MOTOR PRINCIPAL.

El servicio de lubricación afecta tanto a la máquina principal como a las máquinas auxiliares. En particular, en la máquina principal habrá que lubricar el cárter, los cilindros y las levas. Consideraremos conjuntamente la lubricación del cárter y la de las levas y cojinetes.

Debido a que contamos con un motor diesel de dos tiempos para la propulsión de nuestro buque, el espacio del cilindro y del cárter están separados de tal forma que la única zona en la que puede existir contacto – el vástago del pistón – está rodeada por una torre de empaquetados y aros rascadores para evitarlo. Por esta razón, la lubricación de ambos espacios se llevará a cabo por medio de subsistemas distintos (lubricación de camisas y lubricación de cárter o cojinetes) usando tipos de aceites diferentes.

5.3.1 Sistema de lubricación de camisas.

El aceite se inyectará directamente sobre la superficie de las camisas y sus características físicas y químicas van determinadas por la misión que debe cumplir:

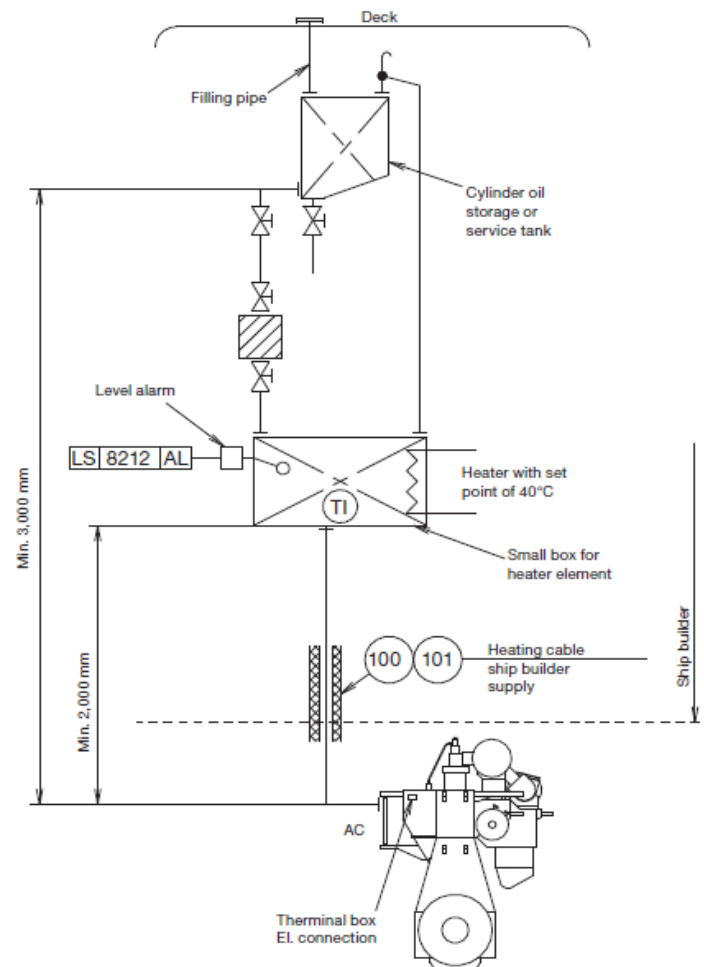
- Reducirá la fricción y el desgaste entre los aros y la camisa.
- Colaborará en la estanqueidad entre aros y pistones
- Protegerá las camisas de la corrosión en frío, consecuencia del contenido en azufre de los combustibles empleados.

El aceite empleado será de alta basicidad con el objeto de contrarrestar la acidez debida al ácido sulfúrico que se forma tras la combustión al combinarse agua y SO₂. Esta última sustancia es relativamente abundante debido alto contenido en azufre que suelen tener los combustibles residuales. Debido a las grandes relaciones carrera-diámetro de los motores modernos se requerirá una gran acción detergente en el aceite de cilindros.



Según recomendaciones del fabricante, seleccionamos un aceite de lubricación de camisas SAE 50 y BN 7, más en particular, una de sus propuestas que es el aceite de BP ENERGOL CLO 50M que tiene las siguientes características:

Propiedad	Unidad	Valor
Densidad (15°C)	Kg/m ³	940
Punto de inflamación	°C	197
Viscosidad cinemática (40°C)	cSt	225
Viscosidad cinemática (100°C)	cSt	19,5
Índice de viscosidad		98
TBN		70





El aceite se almacena a bordo en el tanque de almacén que estará situado en cámara de máquinas. El aceite será absorbido desde ahí mediante una pequeña bomba hasta el tanque de aceite de servicio diario, el cual se situará en la parte alta de la cámara de máquinas para que el aceite fluya por gravedad hasta el motor. Por su parte, la distribución del aceite en el motor está integrada en el equipo del motor.

1. Tanque de almacén.

La capacidad de este tanque depende de la autonomía del buque y del consumo del motor principal. Se instalarán dos tanques de 19 m^3 cada uno tal y como recomienda el fabricante. Estos tanques tendrán doble capa de 5 cm para evitar fugas.

2. Tanque de servicio de aceite

Se instalará un tanque de $1,5 \text{ m}^3$ tal y como recomienda el fabricante. El tanque de servicio estará en la zona alta de la cámara de máquinas para que el aceite fluya por gravedad hasta el motor.

3. Bomba de trasiego.

Absorberá aceite del tanque de almacén y descarga en el de servicio de aceite, dispondremos a su vez de una pequeña bomba de mano que sirva de respeto.

Consideraremos una diferencia de presión de trabajo de 3 bar, un rendimiento de 0,65 y un caudal de la bomba tal que se llene en dos horas:

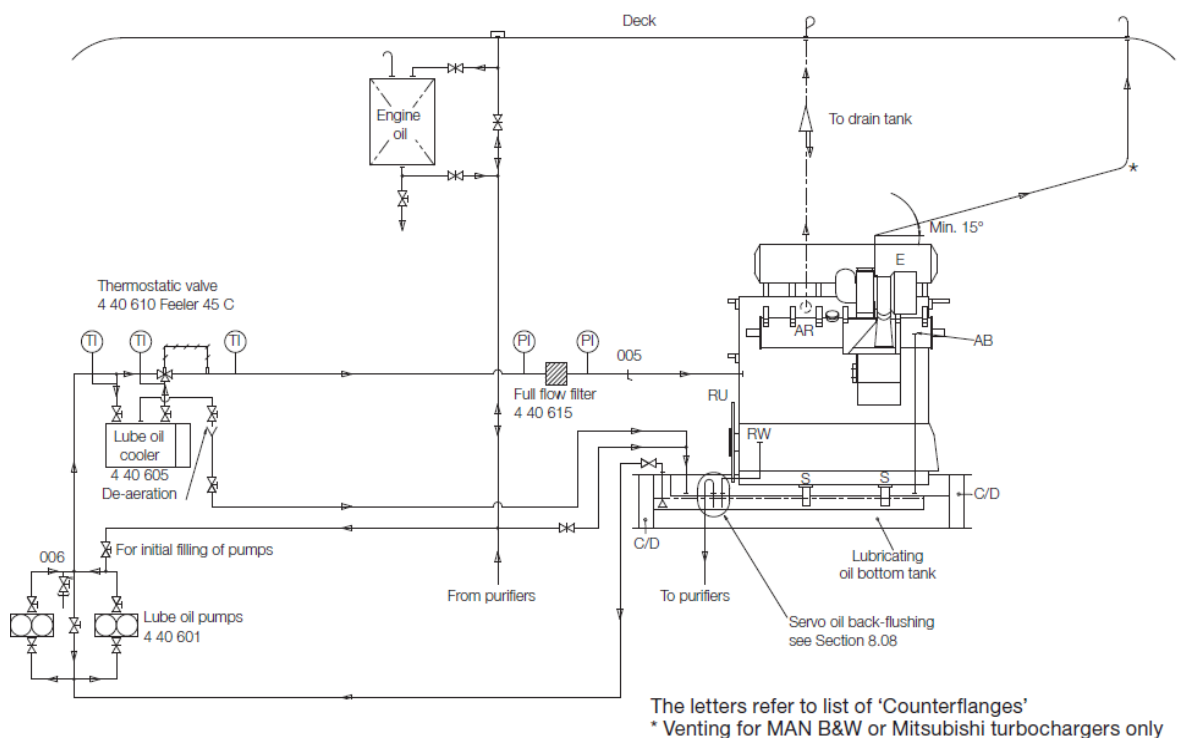
**Bombas trasiego de aceite de las camisas**

Tipo	Tornillo accionado por motor eléctrico
Unidades instaladas/servicio	2/1
Caudal	0,75 m ³ /h
Presión	30 m.c.a.
Potencia	0,12 KW

5.3.2 Sistema de lubricación del cárter

El aceite de lubricación del cárter y/o de cojinetes tendrá las misiones:

- Reducirá la fricción entre los elementos en rozamiento
- Eliminará el calor producido por la fricción
- Protegerá de la oxidación de los elementos de acero no recubierto del motor
- Refrigerará el pistón

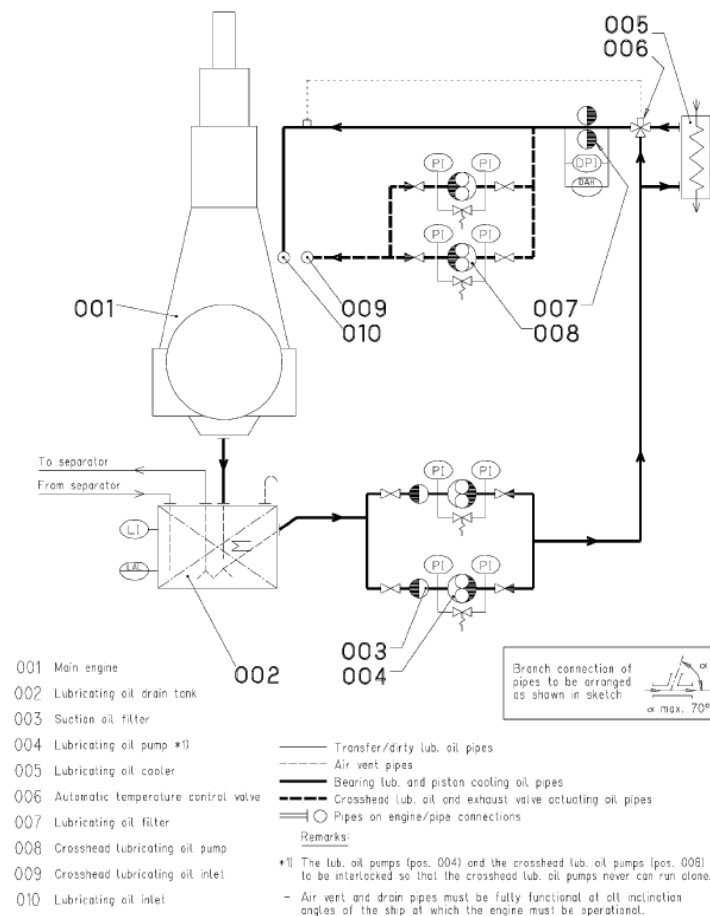




Se encargará de lubricar los cojinetes principales, los de biela, los de cruceta, los pistones y el sistema de actuación de las válvulas de escape. Se instalarán dos bombas que aspiren aceite del cárter y lo envíen al enfriador de aceite. Posteriormente pasa por un filtro y, finalmente, una pequeña parte del aceite va a las bombas Booster para los actuadores de la válvula de escape y el resto para lubricación de las crucetas, eje de levas y cojinetes y refrigeración de pistones. El aceite de lubricación del cárter recomendado por el fabricante y seleccionado el de la marca BP al igual que en el caso anterior es el ENERGOL OE-HT 30 cuyas características son las siguientes:

Propiedad	Unidad	Valor
Densidad (15°C)	Kg/m ³	900
Punto de inflamación	°C	230
Viscosidad cinemática (40°C)	cSt	105
Viscosidad cinemática (100°C)	cSt	11,5
TBN		60

A continuación figura un esquema proporcionado por el fabricante del circuito del sistema de lubricación del cárter y los cojinetes.



Este circuito consta de dos ramas: una principal y otra que toma aceite de la principal, le sube la presión y este es el aceite que sirve para lubricación de las crucetas y refrigeración de los pistones.

El aceite se almacenará en el tanque de servicio de aceite, situado en el doble fondo debajo mismo del motor y en el cual descarga el cárter por gravedad. De este tanque de servicio aspirarán las bombas de aceite (una de servicio y otra de respeto), pasando antes por el filtro de aspiración y de ahí llegará al enfriador. A la salida del enfriador hay una válvula de tres vías con control de temperatura para así mantener la temperatura a la salida del enfriador a unos 60°C y posteriormente el aceite pasará por un filtro dúplex antes de dividirse en las dos ramas ya mencionadas.



1. Tanque de servicio

Este tanque es estructural y se sitúa en el doble fondo, inmediatamente bajo el motor y para evitar posibles contaminaciones, protegido por un cofferdam. La eslora de este tanque será superior a la eslora del motor para que las bajantes de la bandeja del cárter puedan acceder a él por los dos frentes del motor. El fabricante recomienda un tanque de 16,4 m³.

2. Tanque de almacén.

Tendrá como misión reponer el aceite. Se instalarán los tanques recomendados por el fabricante que serán dos tanques de 4,3 m³ cada uno, proporcionarán un consumo de 3 meses cada uno. Estos tanques tendrán doble capa de 10 cm para evitar fugas.

3. Tanque de aceite sucio

En él se almacenará una posible carga contaminada. Estará en el doble fondo de la cámara de máquinas y estará comunicado con la centrifugadora ya que, en ocasiones, una carga contaminada puede ser recuperada con un lavado en las centrífugas.

El volumen será de unos 3 m³.

4. Purificadora de aceite.

Se instalará una separadora centrífuga autolimpiable y otra de respeto cuya capacidad será como recomienda el fabricante de 1169 l/h. La temperatura recomendada por el fabricante será de 95°C. Se instalarán por tanto dos separadoras con capacidad para 1300 l/h con un consumo aproximado de 10 KW cada una.



5. Bomba de circulación

Habr  dos bombas, una de ellas de respeto, que absorberán del tanque de servicio de aceite, se supondrá un rendimiento del 0,65 y su capacidad será:

Bombas circulación de aceite	
Tipo	Centrífuga accionada por motor eléctrico
Unidades instaladas/servicio	2/1
Caudal	270 m ³ /h
Presión	41 m.c.a.
Potencia	57 KW

6. Enfriador del aceite de lubricación

Será de tubos y el refrigerante será agua dulce. Como se explicar  posteriormente, el sistema de refrigeración empleado está centralizado Las características del enfriador serán:



Propiedad	Unidad	Valor
Disipación de calor	KW	140
Caudal de aceite	m ³ /h	40
Temperatura de salida	°C	45
Presión de trabajo del aceite	bar	4
Pérdida de carga del aceite	bar	0,5
Caudal de agua de refrigeración	m ³ /h	20,5
Temperatura de entrada del agua dulce	°C	32
Temperatura de salida del agua dulce	°C	36
Pérdida de carga del agua de refrigeración	bar	0,2

7. Válvula de control de temperatura del aceite

Previo al filtro y tras el enfriador, se colocará una válvula termostática de tres vías que en función de la temperatura, controlará el flujo de aceite que no tiene que pasar por el enfriador. Los parámetros en los que va a trabajar esta válvula serán los siguientes:

Propiedad	Unidad	Valor
Caudal de aceite	m ³ /h	40
Presión	bar	4
Rango de temperaturas	°C	45-70
Presión de trabajo del aceite	bar	4
Pérdida de carga del aceite	bar	0,3



8. Filtro de aceite de lubricación

Se situará a continuación de la válvula de control de temperatura, pero previo a la separación entre las dos ramas del circuito, y tratando de que esté lo más cerca posible del motor para que su eficacia sea mayor. Las características del filtro serán las siguientes:

Propiedad	Unidad	Valor
Caudal de aceite	m ³ /h	25
Tamiz	μm	50
Temperatura de trabajo	°C	55
Presión de trabajo del aceite	bar	4
Pérdida de carga del aceite	bar	0,3

5.3.3 Sistema de lubricación de los motores auxiliares

Los motores auxiliares serán de cárter húmedo por lo que carecerán de tanque de retorno. Cada motor poseerá por tanto su propio sistema de lubricación, accionado por él mismo.

Al consumir HFO se producirá una alta contaminación del aceite por lo que se precisará de una purificación constante del aceite. Se usará para su limpieza una separadora centrífuga actuando como purificadora con una potencia aproximada de 3 KW. Será alimentada por una pequeña bomba. Se tendrá que purificar todo el aceite del sistema en 8 horas.

5.4 TANQUE DE AGUAS ACEITOSAS.

Se instalará un tanque que recoja los lodos y residuos de hidrocarburos y aceite procedentes del separador de sentinas para ser reconducidos al incinerador. Su



capacidad será del 60% del tanque de lodos, es decir de $8,4 \text{ m}^3$ y estará colocado en el doble fondo de la cámara de máquinas.

Para su achique se dispondrá de una bomba de 1 KW.

6 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.

El agua salada es fácil de obtener ya que se encuentra rodeando al buque por lo que sería una fuente ilimitada y barata de obtener refrigerante para la maquinaria pero posee varios problemas para usarla directamente como son:

- Su temperatura no es constante.
- Ataca fuertemente debido a su salinidad a los materiales férreos.

Por ello se instalará un sistema de refrigeración centralizada, que constará de:

- Circuito de agua salada.
- Circuito de agua dulce de baja temperatura.
- Circuito de agua dulce de alta temperatura.

Tendrá un intercambiador refrigerado por agua marina y el resto de intercambiadores por agua dulce. De este modo el agua dulce refrigerará directamente todos los elementos de la maquinaria.

Las ventajas e inconvenientes que aportará este sistema serán:

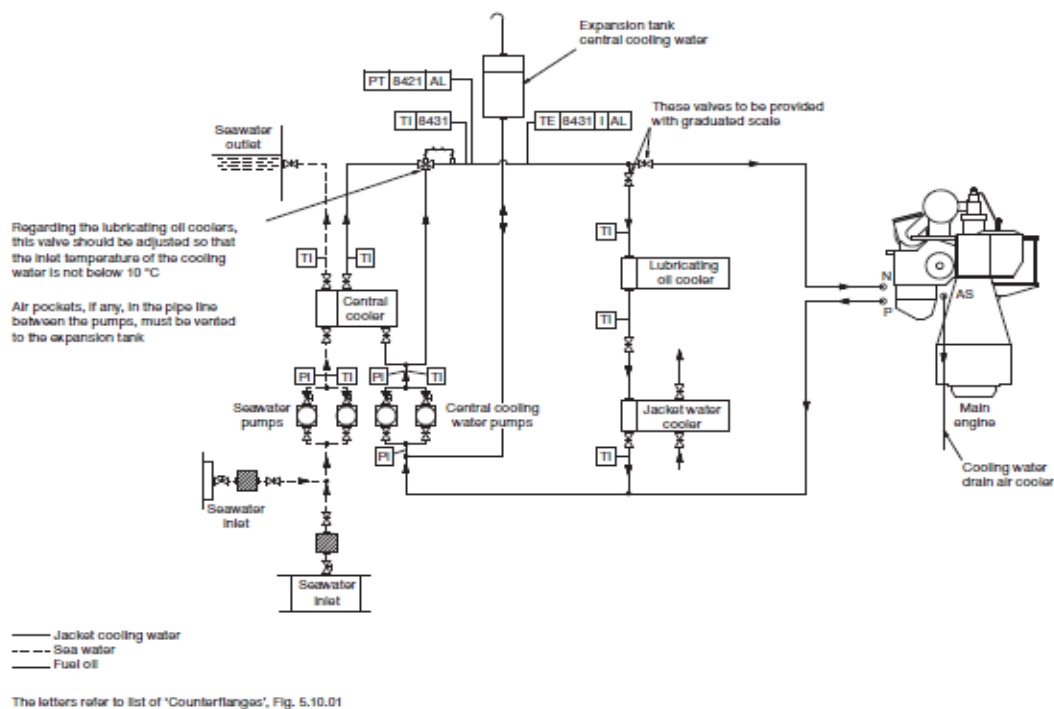
- Se abaratan las conducciones y accesorios.
- Se tendrá un menor mantenimiento y mejor aprovechamiento del refrigerante.
- Se tendrá la posibilidad de regular la temperatura aún con restricciones de flujo.
- Se tendrá como inconveniente que necesitará de un salto térmico adicional, se necesitarán por tanto intercambiadores y bombas adicionales.



Se podrá decir que el sistema es más caro pero requerirá de un menor mantenimiento, por lo que resulta más barato a largo plazo.

El circuito de baja temperatura se encargará de enfriar el aire de carga y el aceite. El circuito de alta temperatura se encargará de la refrigeración de las camisas y tapas de cilindros. Ambos circuitos precalentarán los motores principal y auxiliares en las paradas.

Será fundamental la posibilidad de optimizar la temperatura a lo largo de todo el proceso para conseguir una correcta combustión del FO en cualquier régimen de carga del motor. A altas cargas la temperatura deberá ser lo suficientemente baja para poder enfriar y prevenir de este modo la corrosión en caliente de los elementos de la cámara de combustión. A bajas cargas la temperatura del refrigerante deberá ser lo suficientemente alta para asegurar una combustión completa y evitar la corrosión en frío de la cámara de combustión. La alta temperatura se conseguirá mediante la recirculación del agua de refrigeración de cilindros y por medio de la recuperación del calor transmitido por el aceite usado para calentar el aire de sobrealimentación.





El circuito de alta temperatura estará presurizado para evitar la formación de vapor, a la entrada del motor el circuito se divide en dos ramales, uno para la refrigeración de las camisas y el otro para enfriar las tapas de los cilindros.

El circuito contará con un tanque de amortiguamiento bajo presión constante para mantener la presión estática del agua a la entrada de las bombas de agua y que se sitúa sobre las mismas.

Aguas abajo de las bombas habrá una derivación que salta al generador de agua dulce y al enfriador para ir directamente a la entrada al motor que lleva a las camisas

Los distintos elementos que forman el sistema de refrigeración, serán:

6.1 VÁLVULAS TERMOSTÁTICAS.

Las temperaturas de los circuitos de baja y alta temperatura se regulan mediante válvulas termostáticas. La de baja temperatura regula la de salida del circuito con punto de ajuste 35°C/65°C que cambiará automáticamente. La de alta temperatura estará a la salida del enfriador de agua dulce de las camisas y mantiene la salida del agua dulce del motor a 80°C.

6.2 BOMBAS.

Serán centrífugas no autoaspirantes y de eje vertical. Su dimensionamiento se realizará de la siguiente manera:

Se supondrá el rendimiento de 0,65.



6.2.1 Bombas de agua salada.

Se dimensionará siguiendo las indicaciones del fabricante. Se instalarán dos bombas de agua salada, una de ellas de respeto, y otra más pequeña para las estancias en puerto. Se situarán lo más cerca posible del colector.

Bombas de agua salada de refrigeración	
Tipo	Centrífuga accionada por motor eléctrico
Unidades instaladas/servicio	2/1
Caudal	305 m ³ /h
Presión	25 m.c.a.
Potencia	45 KW

6.2.2 Bombas de agua dulce.

Se seguirán las indicaciones del fabricante al igual que en el caso anterior. Se instalarán dos bombas, una de ellas de respeto, y otra de menor tamaño para la estancia en puerto. Sus características serán:

Bombas de agua dulce de refrigeración	
Tipo	Centrífuga accionada por motor eléctrico
Unidades instaladas/servicio	2/1
Caudal	300 m ³ /h
Presión	25 m.c.a.
Potencia	45 KW

Para la refrigeración de las camisas se dispondrán de dos bombas, una de ellas de respeto, con las siguientes características:



Bombas de agua dulce de refrigeración de las camisas	
Tipo	Centrífuga accionada por motor eléctrico
Unidades instaladas/servicio	2/1
Caudal	105 m ³ /h
Presión	30 m.c.a.
Potencia	18 KW

Con estos datos, se obtendrá la potencia necesaria para mover esta bomba y la absorbida por la misma:

6.3 ENFRIADORES.

Serán de placas de acero inoxidable. Sus características serán:

6.3.1 Enfriador central.

Enfriará con agua salada el agua dulce. Estará fabricado de materiales resistentes al agua salada. Cubrirá las necesidades de refrigeración del motor principal, auxiliares, compresores de gambuzas, compresores de aire acondicionado, etc.



Propiedad	Unidad	Valor
Disipación de calor	KW	5870
Caudal de agua dulce de refrigeración	m ³ /h	230
Temperatura de salida del agua de refrigeración	°C	36
Caída de presión en el lado del agua dulce	Bar	0,2
Caudal de agua marina de refrigeración	m ³ /h	290
Temperatura de entrada del agua marina	°C	32
Caída de presión en el lado del agua marina	Bar	0,2

6.3.2 Enfriador de aceite de lubricación.

Este enfriador se definió en el sistema de lubricación.

6.3.3 Enfriador del agua de camisas.

Se encargará de enfriar el agua dulce que refrigera las camisas de los pistones. Sus características serán:



Propiedad	Unidad	Valor
Disipación de calor	KW	1380
Caudal de agua dulce de refrigeración	m ³ /h	105
Temperatura de entrada del agua de refrigeración	°C	80
Caída de presión en el lado del agua dulce	Bar	0,2
Caudal de agua marina de refrigeración	m ³ /h	105
Temperatura de entrada del agua marina	°C	38
Caída de presión en el lado del agua marina	Bar	0,2

6.3.4 Enfriador de aire de barrido.

Refrigerará el aire de barrido del motor, cuyas características serán:

Propiedad	Unidad	Valor
Disipación de calor	KW	3230
Caudal de agua dulce de refrigeración	m ³ /h	200
Temperatura de entrada del agua de refrigeración	°C	36
Caída de presión en el lado del agua dulce	Bar	0,5



6.4 TANQUE DE EXPANSIÓN.

Se dispondrá de un tanque de expansión que servirá para acomodar la diferencia de volumen debida a los cambios de temperatura en el agua. Su volumen será de 1 m^3 según las indicaciones del fabricante.

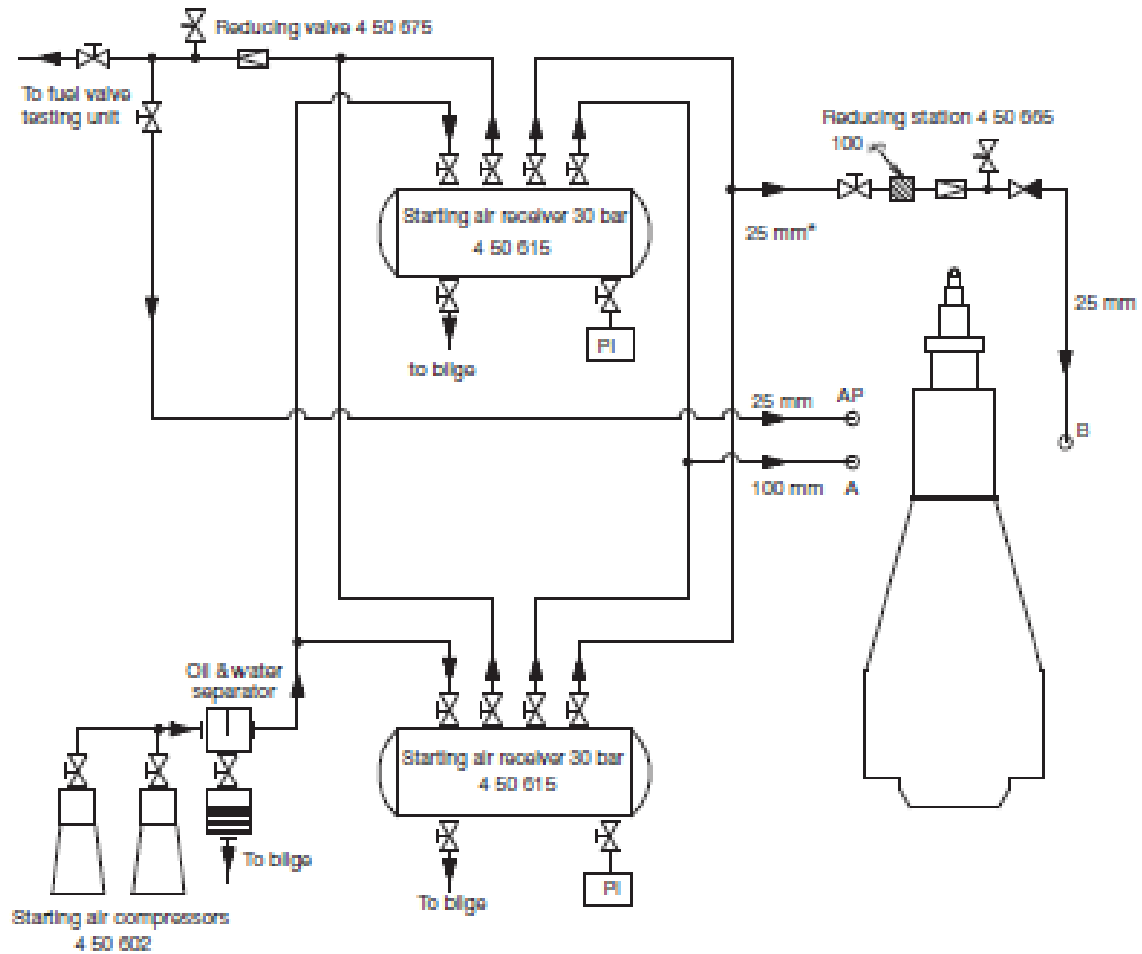
6.5 TANQUE DE DESAIREACIÓN.

Evitará la acumulación de gases y vapores en el circuito de agua dulce. Su capacidad será de $0,5 \text{ m}^3$.

Los motores auxiliares llevarán incorporadas las bombas y el intercambiador de calor con los que se refrigeran.

7 SERVICIO DE AIRE COMPRIMIDO.

Se instalará para proporcionar aire en el arranque del motor principal. Estará formado por compresores y botellas que acumulen aire y así permita durante las maniobras diversos arranques. El aire comprimido se usará además en otros servicios como el control y actuación de instrumentos.



* The size of the pipe depends on the length of the piping

7.1 COMPRESORES

Se instalarán dos compresores de 30 bar que suministrarán el aire indistintamente a cualquiera de las dos botellas principales. Los compresores serán de dos etapas con refrigeración intermedia y en la descarga poseerán un purgador que elimine el agua de condensación y restos de aceite. Las botellas principales dispondrán de válvulas separadas para cada uno de los servicios y de una válvula de seguridad tarada a una presión ligeramente superior a la de servicio. Habrá también purgadores para la eliminación del agua que pudiese condensarse en el interior de las botellas.

El arranque del motor principal se llevará a cabo mediante aire a 30 bar suministrado desde las botellas principales. Mediante una estación reductora se obtendrá aire a 10 bar



para limpieza de las soplantes y de 7 bar para el accionamiento neumático de las válvulas de exhaustación y de los mecanismos de parada de seguridad del motor principal.

Finalmente se instalará un sistema de baja presión compuesto por una botella de 7 bar alimentada por un compresor a esta presión y/o desde las botellas principales pasando por la estación reductora. Este sistema proporcionará aire comprimido para los restantes servicios del buque.

7.2 BOTELLAS PRINCIPALES.

Deberá ser posible realizar al menos doce arranques con las botellas, se instalará dos botellas de 4,5 m³ tal como recomienda el fabricante.

7.3 COMPRESORES PRINCIPALES.

Se dispondrá de dos unidades, cada uno de ellos con capacidad para elevar la presión de una de las botellas principales hasta 30 bar en una hora. Se instalarán dos compresores con una capacidad de 135 Nm³/h cada uno tal como indica el fabricante del motor, su potencia aproximada será de 40 KW. Sus características serán:

7.4 MOTORES AUXILIARES.

Se suministrará aire a presión directamente desde las botellas de arranque del motor principal mediante, también se instalarán dos botellas de 0,5 m³ cada una para su arranque en caso de emergencia.

7.5 BOTELLA DE AIRE DE SERVICIO.

Se instalará una botella a 7 bar con 4 m³.



7.6 COMPRESOR DE AIRE DE SERVICIO.

Se instalará un compresor de aire de servicio que nos dé un caudal de $160 \text{ Nm}^3/\text{h}$ a 7 bar con una potencia aproximada de 10 KW.

7.7 COMPRESOR DE AIRE DE EMERGENCIA Y RELLENO.

Se instalará un compresor de $20 \text{ Nm}^3/\text{h}$ a 30 bares con una potencia de 10 KW.

8 SERVICIO DE EXHAUSTACIÓN DE GASES DE COMBUSTIÓN.

Este servicio estará compuesto por los elementos que atravesarán los gases de escape desde su salida de los cilindros para alcanzar el exterior de la embarcación.

8.1 SERVICIO DE EXHAUSTACIÓN DEL MOTOR PRINCIPAL.

Se dimensionará sus distintos elementos de acuerdo a los valores indicados por el fabricante.

8.1.1 Tuberías de exhaustación.

Se supondrá la velocidad máxima de los gases de exhaustación como 40 m/s. Se considerará que tendemos una única turbosoplante colocada en la parte de proa del motor por lo que la dimensión de las tuberías será de 1050 mm DN, según los datos del fabricante.

8.1.2 Caldera de gases de escape.

Se situará lo más cercano posible al motor principal. En condiciones normales de servicio se tendrá una cantidad de gases de escape igual a 70900 Kg/h a 217°C a la salida de la turbosoplante. Para aprovecharlos se instalará una caldera de humos. Los



aislamientos de las tuberías y el resto de elementos del sistema de exhaustación provocará que no se produzcan pérdidas de temperatura en los gases de escape. La temperatura de salida de los gases tras pasar la caldera será de 170°C evitándose así problemas con el punto de rocío del ácido sulfúrico. Se supondrá un rendimiento en la caldera del 0,96. Se tendrá de este modo:

$$\dot{q} = C_g \cdot c_{e_g} \cdot \Delta T \cdot \eta = 799752 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

Siendo:

C_g , la cantidad de gases de escape, 70900 Kg/h.

c_{e_g} , el calor específico de los gases de escape, 0,25 Kcal/Kg°C.

La cantidad de vapor que se obtendrá de la caldera será:

$$\dot{q}_{\text{vapor}} = \frac{\dot{q}}{h_{\text{vapor}} - h_{\text{agua}}} = 1336,7 \frac{\text{Kg vapor}}{\text{h}}$$

Siendo:

h_{vapor} , la entalpía del vapor de agua, 658,3 Kcal/Kg.

H_{agua} , la entalpía del vapor de agua, 60 Kcal/Kg.

8.1.3 Silenciador.

Se situará a continuación de la caldera de gases de escape y amortiguará el ruido que se pudiese transmitir a la zona de habilitación. Sus características deberán cumplir que el nivel de intensidad sonora provocada por el motor principal cuando funcione a su potencia nominal no supere 60-70 dB en el puente de mando.



8.1.4 Equipo apaga chispas.

Evitará la propagación de llamas a la zona de habitación. Posee como inconveniente que provoca una gran caída de presión en los gases de escape. Se diseñará de tal modo que la caída de presiones que provocan el silenciador y el equipo apaga chispas no superará los 0,01 bar.

8.2 MOTORES AUXILIARES.

El sistema de gases de escape de los motores auxiliares constará de los mismos elementos y se dimensionarán de forma análoga.

La cantidad de vapor obtenida en la caldera de gases de escape por cada motor será:

$$\dot{q} = C_g \cdot c_{e_g} \cdot \Delta T \cdot \eta = 178560 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

Siendo:

C_g , la cantidad de gases de escape, 4649 Kg/h.

c_{e_g} , el calor específico de los gases de escape, 0,25 Kcal/Kg°C.

ΔT , la variación de temperatura, de 330°C a 170 °C, 160 °C.

η , rendimiento de la caldera, 0,96.

La cantidad de vapor que se obtendrá de la caldera será:

$$\dot{q}_{\text{vapor}} = \frac{\dot{q}}{h_{\text{vapor}} - h_{\text{agua}}} = 298.5 \frac{\text{Kg}_{\text{vapor}}}{\text{h}}$$

Siendo:

h_{vapor} , la entalpía del vapor de agua, 658,3 Kcal/Kg.

H_{agua} , la entalpía del vapor de agua, 60 Kcal/Kg.



9 CÁMARA DE MÁQUINAS DESATENDIDA.

Se describirán a continuación los dispositivos instalados a bordo que permiten al buque cumplir con la notación de Cámara de Máquinas desatendida. Las condiciones que han de cumplir los distintos servicios del buque para recibir dicha notación se describen en el reglamento del Bureau Veritas. La notación AUT-MS se aplica a buques cuyos espacios de maquinaria pueden funcionar sin asistencia de los maquinistas en condiciones de navegación y maniobra, incluidas la de emergencia, consistiendo en un sistema de alarma, control y monitorización.

Las operaciones que se realicen con una periodicidad menor o igual a 24 horas en condiciones de navegación y maniobra estarán totalmente automatizadas.

Las funciones de control remoto, alarma y monitorización se dispondrán en la cabina de control de la sala de máquinas y en el puente de gobierno. A tal efecto el barco contará con un sistema integrado de alarma, control y monitorización (IACMS) con centro operador en la cabina de control de la sala de máquinas, en el puente de gobierno y la oficina de carga. Todos los sistemas principales se accionarán desde el IACMS (motores principales, planta generadora, auxiliares de servicio, bombas, ventiladores, válvulas, extractores, etc.).

El sistema realizará las siguientes funciones principales:

- Monitorización y alarmas de maquinaria principal y auxiliar.
- Monitorización de estado.
- Sistema de extensión de alarma.
- Control de la planta eléctrica.
- Automatización de reserva de bombas y compresores.
- Sistema de aviso y extensión de alarma a maquinistas.
- Control remoto de válvulas de lastre y sentinas.



10 ANEXOS



ANEXO I

MOTOR PRINCIPAL



ANEXO II

MOTOR AUXILIAR



ANEXO III

CAMARA DE MAQUINAS



MAN Diesel & Turbo

Main Engine Room Data

Main Engine	8S50ME-C7.1-TI
Compliance	IMO-NOx Tier I
Tuning method	High load

Project name	S50ME-C7 8 cil
Project type	
Project number	
Date	
Yard	
Country	
Made by	
Department	

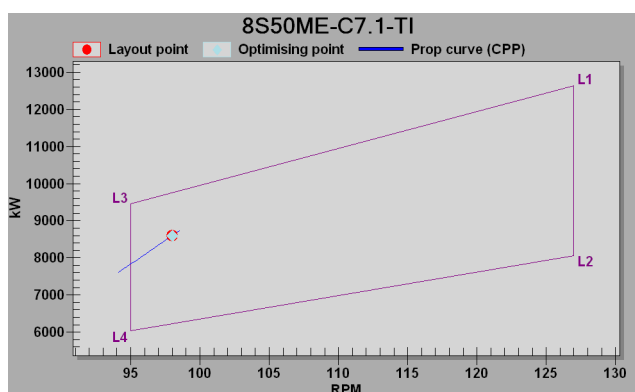


Paper about Service Optimisation (Oct. 4th 2010)

Influence of NOx Regulations on Reduced SFOC, Potential Fuel Savings on Low-Load Operation, EGB (Exhaus Gas Bypass), VT (Variable TurbineArea or Turbine Geometry), ECT (Engine Control Tuning)

www.mandieselturbo.com/Papers/SFOC-Optmisation-Methods

Specified Main Engine and Ratings



Further reading: www.mandieselturbo.com/Papers/Basic_Principles_Of_Ship_Propulsion p. 20-29

Specified Main Engine and Ratings

Turbocharger/engine version		high eff.t/c
Type of propeller		Constant RPM
Cylinder oil lubricator type		Alpha ACC (power control)
Sulphur content in fuel	%	3.0

Nominal Maximum Continuous Rating (NMCR)

Nominal engine power	(NMCR)	kW	12,640
Nominal engine speed		r/min	127.0
Mean effective pressure		bar	19.0
Mean piston speed		m/s	8.5

Specified MCR (SMCR)

Engine shaft power		kW	8,600
Engine speed		r/min	98.0
Mean effective pressure		bar	16.8
Mean piston speed		m/s	6.5

Matching point (Opt).

Optimising point	% of SMCR	100.0
Engine shaft power	kW	8,600
Engine speed	r/min	98.0

Normal Continuous Rating (NCR)

Service power	% of SMCR	85.0
Engine shaft power	kW	7,310
Engine speed	r/min	98.0

Ambient reference conditions

ISO Conditions

Scavenge air coolant temperature	°C	25.0
Ambient air temperature	°C	25.0
Barometric pressure	mbar	1,000
Exhaust gas back pressure	mmWC	300

Tropical conditions

Sea water temperature	°C	32.0
Ambient air temperature	°C	45.0
Barometric pressure	mbar	1,000

Specified ambient conditions

Scavenge air coolant temperature	°C	10.0
Ambient air temperature	°C	10.0
Barometric pressure	mbar	1,000

Further reading: www.mandieselturbo.com/Papers/Influence_Of_Ambient_Temperature_Conditions p. 7-11

Expected SFOC, Lube Oil Consumption, Air and Exhaust gas data

Tolerances

Reference LCV of fuel	kJ/kg	42,700
SFOC tolerance (matching point)	%	+/- 5
Exhaust gas amount tolerance	%	+/- 5
Exhaust gas temperature tolerance	°C	-/+ 15

ISO ambient conditions

Specific Fuel Oil Consumption

Nominal Maximum Continuous Rating (NMCR)	g/kWh	171.0
SMCR	g/kWh	167.1
Optimising point	g/kWh	167.1
NCR	g/kWh	163.3

Exhaust Gas Amount

SMCR	kg/h	80,100
Optimising point	kg/h	80,100
NCR	kg/h	70,900

Exhaust Gas Temperature

SMCR	°C	228
Optimising point	°C	228
NCR	°C	217

Air consumption

SMCR	kg/s	21.9
Optimising point	kg/s	21.9
NCR	kg/s	19.4

Tropical ambient conditions

Specific Fuel Oil Consumption

SMCR	g/kWh	169.9
Optimising point	g/kWh	169.9
NCR	g/kWh	166.1

Exhaust Gas Amount

SMCR	kg/h	74,600
Optimising point	kg/h	74,600
NCR	kg/h	66,000

Exhaust Gas Temperature

SMCR	°C	259
Optimising point	°C	259
NCR	°C	248

Air consumption

SMCR	kg/s	20.3
Optimising point	kg/s	20.3
NCR	kg/s	18.0

Specified ambient conditions

Specific Fuel Oil Consumption

SMCR	g/kWh	164.3
Optimising point	g/kWh	164.3
NCR	g/kWh	160.6

Exhaust Gas Amount

SMCR	kg/h	82,800
Optimising point	kg/h	82,800
NCR	kg/h	73,200

Exhaust Gas Temperature

SMCR	°C	203
Optimising point	°C	203
NCR	°C	192

Air consumption

SMCR	kg/s	22.6
Optimising point	kg/s	22.6
NCR	kg/s	20.0

Consumption of Lubrication Oils

System Oil

Consumption per 24 hours	kg/24h	35.8
--------------------------	--------	------

Cylinder Oil (SLOC)

SMCR	g/kWh	0.78
Optimising point	g/kWh	0.78
NCR	g/kWh	0.78

Necessary Capacities of Auxiliary Machinery (SMCR)

Layout of Systems

Cooling water system		Seawater cooling
Seawater inlet temperature	°C	32.0
Lubricating oil system		
Separate hydraulic control oil system		No
Separate turbocharger L.O. system		No

Pumps

Fuel oil circulating pump

Flow capacity	m³/h	5.1
Pump head	bar	6.0

Fuel oil supply pump

Flow capacity	m³/h	3.2
Pump head	bar	4.0

Jacket water pump

Flow capacity	m³/h	105.0
Pump head	bar	3.0

Seawater pump

Flow capacity	m³/h	305.0
Pump head	bar	2.5

Lubricating oil pump

Flow capacity	m³/h	270.0
Pump head	bar	4.1

Coolers

Scavenge air coolers

Heat dissipation	kW	3,230
Seawater flow	m³/h	200

Lubricating oil cooler

Heat dissipation	kW	760
Lubricating oil flow	m³/h	270
Seawater flow	m³/h	105

Jacket water cooler

Heat dissipation	kW	1,380
Jacket water flow	m³/h	105
Seawater flow	m³/h	105

Fuel oil preheater

Heat capacity	kW	135
---------------	----	-----

The pump heads stated are for guidance only, and depend on the actual pressure drop across coolers, filters, etc. in the systems.

Pertaining cooling water flow diagram, temperatures, viscosities and pressures for pumps and coolers, see "Engine Project Guide".

Starting Air System, Engine dimensions, Tanks, etc.

Starting air system, 30.0 bar g

Non-reversible engine

Receiver volume (6 starts)	m ³	2 x 2.5
Compressors (total)	m ³ /h	150.0

Main engine dimensions

Dimensions

Length excl. tuning wheel, tanktop	mm	8,474
Min length excl. tuning wheel, c/l	mm	8,474
Max length incl. tuning wheel, c/l	mm	8,974
Cylinder distance	mm	850
Width of bedplate	mm	3,150
Distance, foot - crankshaft c/l	mm	1,085

Overhaul

Normal lift, c/l - crane hook	mm	9,000
Crane capacity, normal lifting procedure	t	2.00
Double jib crane, c/l - deck beam	mm	8,250
Crane capacity, double jib crane	t	2 x 1.60

Weight

Weight of main engine, dry	t	257.0
Weight of water and oil in engine	t	2.3

The real engine length at crankshaft centreline level (c/l) may be between the above min and max lengths, and depends on the vibration conditions of the main engine and shaft system, i.e. on whether a vibration damper need to be installed.

The mass can vary up to 10% depending on the design and options chosen



Dimensions of tanks, centrifuges and aux. blowers

Fuel oil system

Marine diesel oil service tank, 4 hour	m ³	6.5
Fuel oil settling tanks, 2 x 12 hour	m ³	2 x 20.0
Fuel oil centrifuge, 98 °C	l/h	3,413
Fuel oil service tank, 6 h/95 °C	m ³	10.0

The capacity of the F.O. centrifuge(s) is for guidance only. Actual capacity should be given by the maker

Lubrication oil system

Lube oil storage tanks,(2x3 months)	m ³	2 x 4.3
Lube oil centrifuge, 95 °C	l/h	1,719
Lube oil bottom (sump) tank, appr.	m ³	16.4

Cylinder oil system

Cylinder oil storage tanks	m ³	2 x 19.0
Cylinder oil service tank	m ³	1.5

Various drain tanks

Stuffing box drain tank	m ³	0.30
Scavenge air drain tank	m ³	0.70

Air cooler cleaning unit

Air cooler cleaning tank	m ³	0.30
Capacity of pump	m ³ /h	1.00

Jacket water

Expansion tank for jacket water	m ³	1.00
---------------------------------	----------------	------

Auxiliary blower(s)

Electric motor rating of aux.blower(s)	kW	2 x 48
--	----	--------

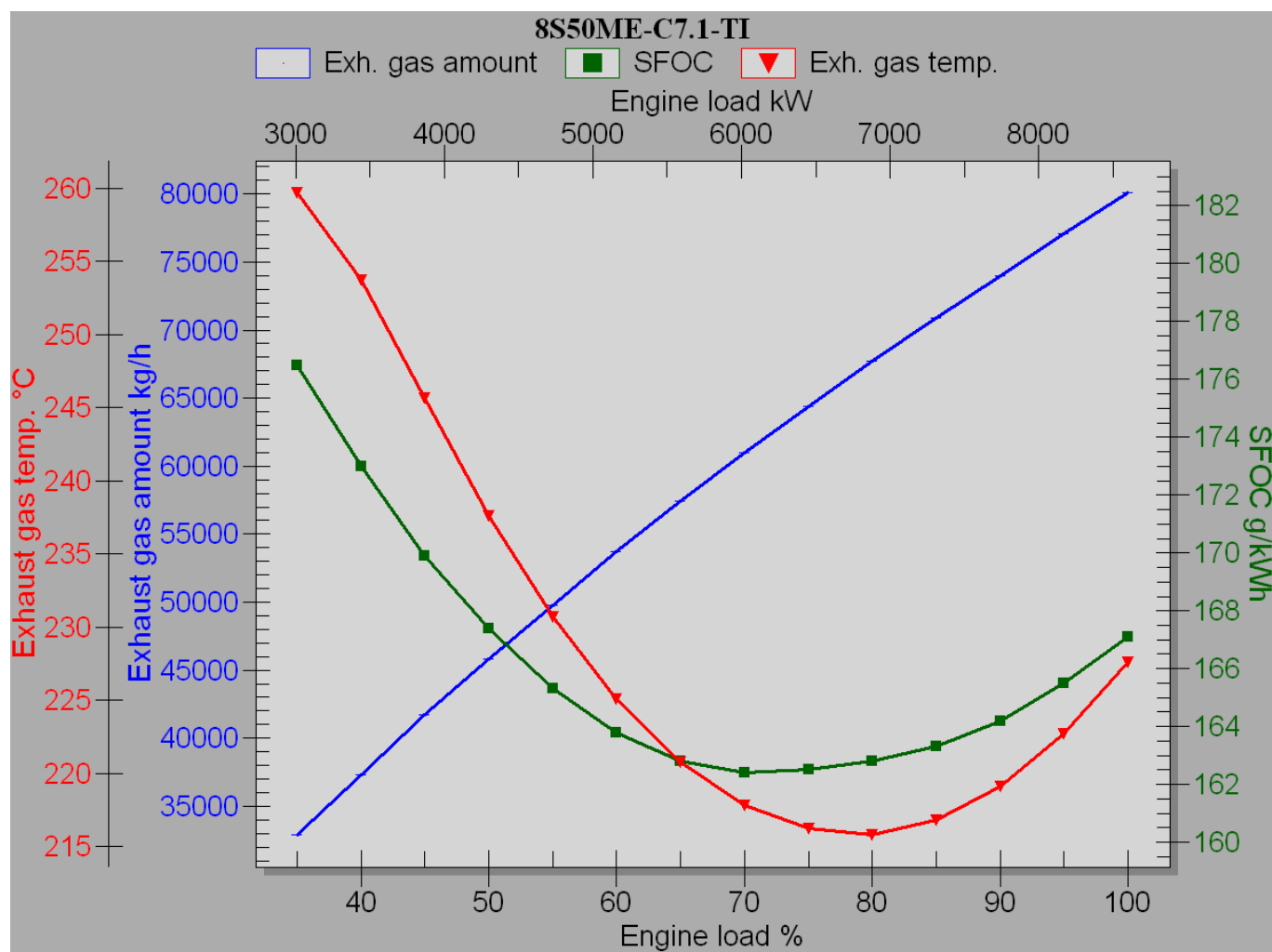


Tables of SFOC and Exhaust Gas Data

Part Load Data at ISO Ambient Conditions

Load	Power	Speed	SFOC	Exh. gas amount	Exh. gas temp.
% of SMCR	kW	r/min	g/kWh	kg/h	°C
100.0	8,600	98.0	167.1	80,100	227.6
95.0	8,170	98.0	165.5	77,100	222.7
90.0	7,740	98.0	164.2	74,000	219.1
85.0	7,310	98.0	163.3	70,900	216.8
80.0	6,880	98.0	162.8	67,700	215.8
75.0	6,450	98.0	162.5	64,400	216.2
70.0	6,020	98.0	162.4	61,000	217.8
65.0	5,590	98.0	162.8	57,400	220.8
60.0	5,160	98.0	163.8	53,700	225.1
55.0	4,730	98.0	165.3	49,800	230.7
50.0	4,300	98.0	167.4	45,800	237.6
45.0	3,870	98.0	169.9	41,700	245.7
40.0	3,440	98.0	173.0	37,300	253.7
35.0	3,010	98.0	176.5	32,900	259.7

Ambient air suction temperature: 25.0 °C Cooling water temperature: 25.0 °C

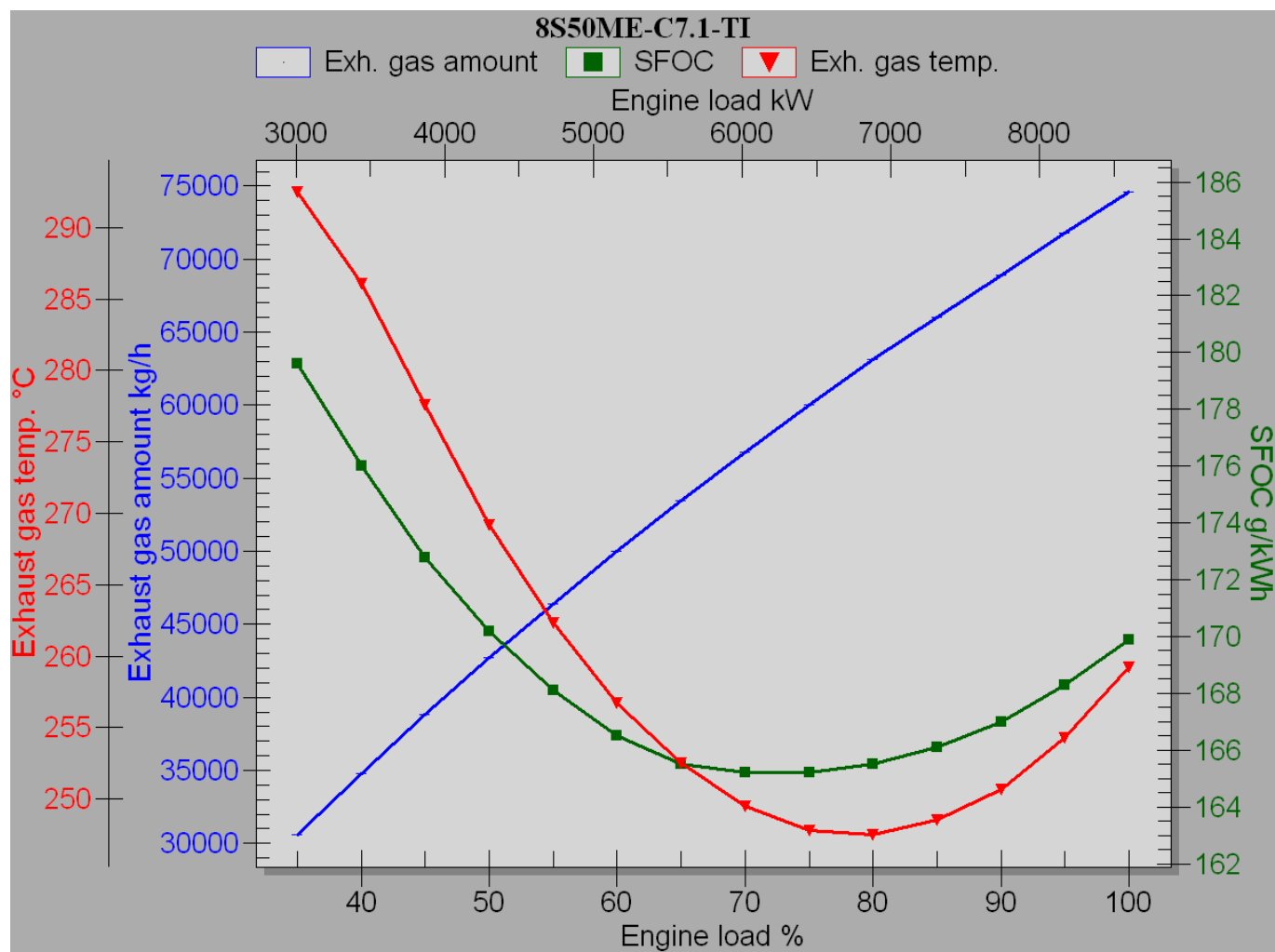




Part Load Data at Tropical Ambient Conditions

Load	Power	Speed	SFOC	Exh. gas amount	Exh. gas temp.
% of SMCR	kW	r/min	g/kWh	kg/h	°C
100.0	8,600	98.0	169.9	74,600	259.2
95.0	8,170	98.0	168.3	71,800	254.3
90.0	7,740	98.0	167.0	68,900	250.7
85.0	7,310	98.0	166.1	66,000	248.5
80.0	6,880	98.0	165.5	63,100	247.5
75.0	6,450	98.0	165.2	60,000	247.8
70.0	6,020	98.0	165.2	56,800	249.5
65.0	5,590	98.0	165.5	53,500	252.5
60.0	5,160	98.0	166.5	50,000	256.7
55.0	4,730	98.0	168.1	46,400	262.3
50.0	4,300	98.0	170.2	42,700	269.2
45.0	3,870	98.0	172.8	38,800	277.6
40.0	3,440	98.0	176.0	34,800	286.1
35.0	3,010	98.0	179.6	30,600	292.5

Ambient air suction temperature: 45.0 °C Cooling water temperature: 32.0 °C

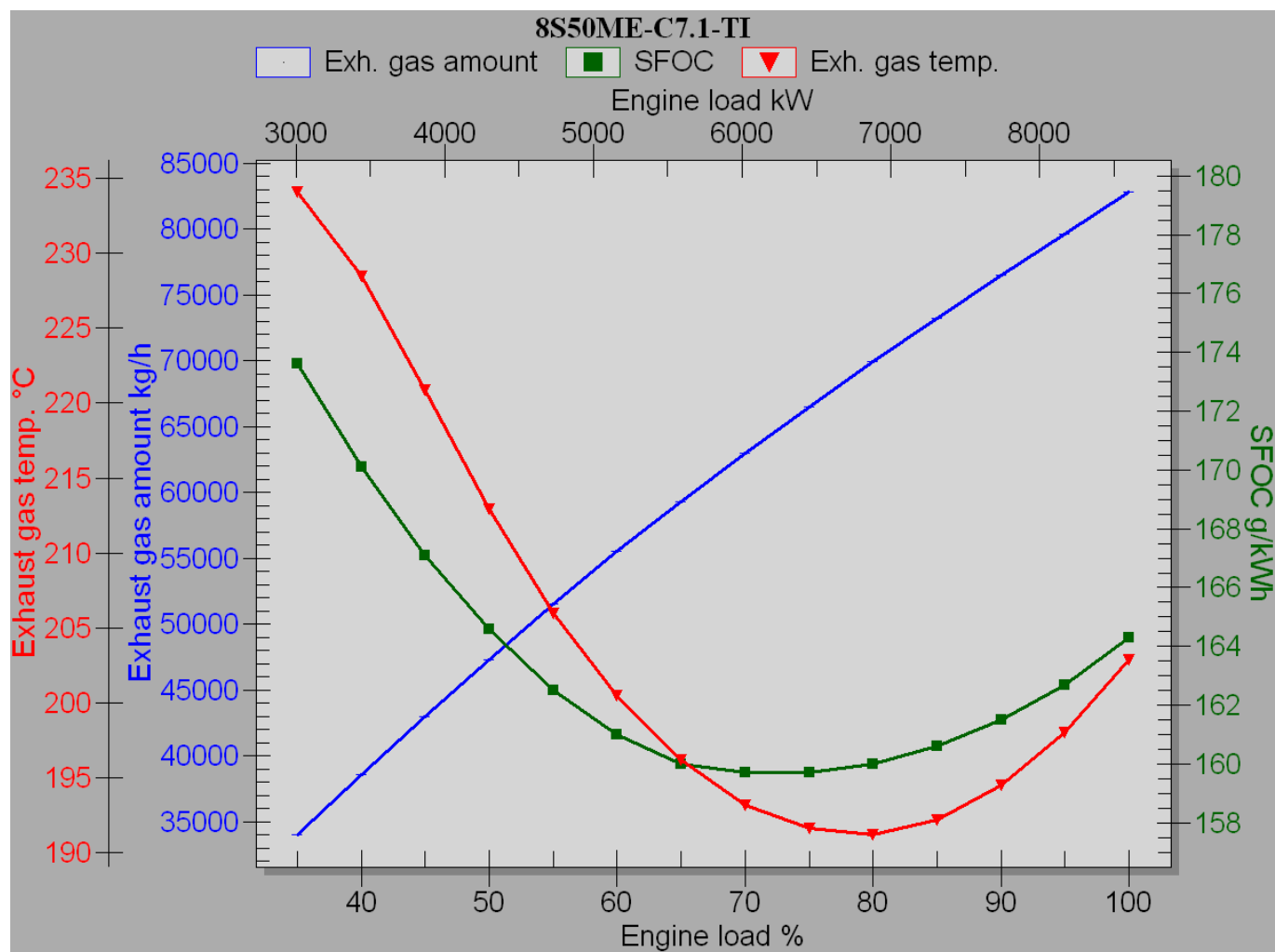




Part Load Data at Specified Ambient Conditions

Load	Power	Speed	SFOC	Exh. gas amount	Exh. gas temp.
% of SMCR	kW	r/min	g/kWh	kg/h	°C
100.0	8,600	98.0	164.3	82,800	202.9
95.0	8,170	98.0	162.7	79,600	198.0
90.0	7,740	98.0	161.5	76,500	194.5
85.0	7,310	98.0	160.6	73,200	192.2
80.0	6,880	98.0	160.0	69,900	191.2
75.0	6,450	98.0	159.7	66,500	191.6
70.0	6,020	98.0	159.7	63,000	193.2
65.0	5,590	98.0	160.0	59,300	196.2
60.0	5,160	98.0	161.0	55,500	200.5
55.0	4,730	98.0	162.5	51,500	206.0
50.0	4,300	98.0	164.6	47,300	212.9
45.0	3,870	98.0	167.1	43,000	220.9
40.0	3,440	98.0	170.1	38,600	228.5
35.0	3,010	98.0	173.6	34,000	234.1

Ambient air suction temperature: 10.0 °C Cooling water temperature: 10.0 °C





Tables of Cooler Heat

① Engine load (% SMCR)	④ Scavenge air amount +/- 5% (kg/h)	⑨ Jacket water cooler heat -15/+0% (kW)
② Engine power (kW)	⑤ Scavenge air pressure (bar abs)	⑩ Main lubrication oil heat (kW)
③ Engine speed (r/min)	⑥ Scavenge air temperature BEFORE air cooler (°C)	⑪ Condensed water (t/24h)
	⑦ Scavenge air temperature AFTER air cooler (°C)	
	⑧ Scavenge air cooler heat (kW)	

ISO Ambient Conditions

Air suction temperature: 25.0°C Cooling water temperature: 25.0°C

① %	② kW	③ r/min	④ kg/h	⑤ bar (abs)	⑥ °C	⑦ °C	⑧ kW	⑨ kW	⑩ kW	⑪ t/24h
100.0	8,600	98.0	78,700	3.41	178.0	37.0	3,100	1,220	680	0.0
95.0	8,170	98.0	75,700	3.26	171.0	36.0	2,880	1,170	670	0.0
90.0	7,740	98.0	72,700	3.11	165.0	34.0	2,650	1,120	660	0.0
85.0	7,310	98.0	69,700	2.96	158.0	33.0	2,430	1,070	660	0.0
80.0	6,880	98.0	66,600	2.81	150.0	32.0	2,200	1,020	650	0.0
75.0	6,450	98.0	63,400	2.66	143.0	31.0	1,980	970	640	0.0
70.0	6,020	98.0	60,000	2.51	135.0	30.0	1,760	920	620	0.0
65.0	5,590	98.0	56,500	2.36	127.0	29.0	1,540	870	610	0.0
60.0	5,160	98.0	52,900	2.21	118.0	29.0	1,320	820	590	0.0
55.0	4,730	98.0	49,000	2.06	109.0	28.0	1,110	770	570	0.0
50.0	4,300	98.0	45,100	1.91	100.0	27.0	910	720	550	0.0
45.0	3,870	98.0	41,000	1.77	90.0	27.0	730	670	530	0.0
40.0	3,440	98.0	36,700	1.64	81.0	26.0	560	620	510	0.0
35.0	3,010	98.0	32,400	1.52	72.0	33.0	410	570	480	0.0
30.0	2,580	98.0	27,800	1.41	63.0	33.0	290	520	450	0.0
25.0	2,150	98.0	23,300	1.32	56.0	32.0	200	470	420	0.0

Tropical Ambient Conditions

Air suction temperature: 45.0°C Cooling water temperature: 36.0°C

① %	② kW	③ r/min	④ kg/h	⑤ bar (abs)	⑥ °C	⑦ °C	⑧ kW	⑨ kW	⑩ kW	⑪ t/24h
100.0	8,600	98.0	73,100	3.27	202.0	44.0	3,230	1,240	690	34.9
95.0	8,170	98.0	70,400	3.13	195.0	43.0	3,000	1,190	680	34.4
90.0	7,740	98.0	67,600	2.99	188.0	41.0	2,770	1,140	670	33.7
85.0	7,310	98.0	64,800	2.84	180.0	40.0	2,540	1,090	670	32.7
80.0	6,880	98.0	62,000	2.70	173.0	39.0	2,320	1,040	660	31.4
75.0	6,450	98.0	58,900	2.56	165.0	38.0	2,090	980	650	29.9
70.0	6,020	98.0	55,800	2.42	157.0	37.0	1,870	930	630	28.2
65.0	5,590	98.0	52,600	2.27	148.0	36.0	1,640	880	620	26.2
60.0	5,160	98.0	49,100	2.13	139.0	36.0	1,420	830	600	24.1
55.0	4,730	98.0	45,600	1.99	130.0	35.0	1,210	780	580	21.7
50.0	4,300	98.0	42,000	1.84	120.0	34.0	1,000	730	560	19.2
45.0	3,870	98.0	38,100	1.71	110.0	34.0	810	680	540	16.6
40.0	3,440	98.0	34,200	1.58	100.0	40.0	640	630	510	6.0
35.0	3,010	98.0	30,100	1.47	91.0	40.0	490	580	490	4.5
30.0	2,580	98.0	25,900	1.37	83.0	40.0	360	530	460	3.2
25.0	2,150	98.0	21,600	1.29	75.0	39.0	260	480	420	2.0

Specified Ambient Conditions

Air suction temperature: 10.0°C Cooling water temperature: 10.0°C

① %	② kW	③ r/min	④ kg/h	⑤ bar (abs)	⑥ °C	⑦ °C	⑧ kW	⑨ kW	⑩ kW	⑪ t/24h
100.0	8,600	98.0	81,400	3.45	157.0	22.0	3,070	1,200	670	0.0
95.0	8,170	98.0	78,300	3.29	150.0	21.0	2,840	1,150	660	0.0
90.0	7,740	98.0	75,300	3.14	144.0	19.0	2,620	1,100	650	0.0
85.0	7,310	98.0	72,000	2.99	137.0	18.0	2,400	1,050	650	0.0
80.0	6,880	98.0	68,800	2.84	130.0	17.0	2,180	1,000	640	0.0
75.0	6,450	98.0	65,500	2.69	123.0	16.0	1,960	950	630	0.0
70.0	6,020	98.0	62,000	2.54	116.0	15.0	1,740	900	610	0.0
65.0	5,590	98.0	58,400	2.38	108.0	14.0	1,530	850	600	0.0
60.0	5,160	98.0	54,700	2.23	100.0	14.0	1,310	800	580	0.0
55.0	4,730	98.0	50,700	2.08	91.0	13.0	1,110	750	560	0.0
50.0	4,300	98.0	46,600	1.93	82.0	12.0	910	710	540	0.0
45.0	3,870	98.0	42,400	1.78	73.0	12.0	720	660	520	0.0
40.0	3,440	98.0	38,000	1.65	64.0	11.0	560	610	500	0.0
35.0	3,010	98.0	33,500	1.53	55.0	18.0	410	560	470	0.0
30.0	2,580	98.0	28,800	1.42	47.0	18.0	290	510	440	0.0
25.0	2,150	98.0	24,000	1.33	40.0	17.0	200	460	410	0.0

Scavenge air pressure and air cooler data for guidance only - not to be used for dimensioning of turbochargers and scavenge air coolers. See the design specification of the engine.



Typical noise and vibration levels

SMCR

Octave band centre freq.	31.5 Hz	63.0 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	dB(Lin)	dB(A)	Max dB(A)
A) Exhaust gas system (2×10^{-5} Pa)	120.6	115.2	107.4	102.5	101.0	97.1	86.1	76.2	67.6	122.0	102.1	-
B) Standard noise reduction (2×10^{-5} Pa)	94.8	93.6	94.6	93.9	94.1	95.4	96.2	91.3	83.1	103.5	101.0	103.5
C) Additional noise reduction (2×10^{-5} Pa)	94.8	92.9	92.1	92.3	92.2	93.5	94.2	86.6	79.4	101.8	98.7	101.8
D) Structureborne vibrations (5×10^{-8} m/s)	74.8	72.9	70.0	68.0	66.0	60.4	54.3	46.0	39.4	-	-	-

NCR (85.0% of SMCR)

Octave band centre freq.	31.5 Hz	63.0 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	dB(Lin)	dB(A)	Max dB(A)
A) Exhaust gas system (2×10^{-5} Pa)	119.2	113.8	106.0	101.1	99.5	95.6	84.7	74.7	66.2	120.5	100.7	-
B) Standard noise reduction (2×10^{-5} Pa)	94.1	92.9	93.9	93.2	93.1	94.1	94.3	88.9	81.9	102.4	99.3	102.4
C) Additional noise reduction (2×10^{-5} Pa)	94.1	92.1	91.4	91.6	91.2	92.2	92.2	84.2	78.2	100.8	97.1	100.8
D) Structureborne vibrations (5×10^{-8} m/s)	74.1	72.2	69.3	67.3	65.3	59.7	53.6	45.3	38.7	-	-	-

Notes

A) Sound pressure levels from exhaust gas system.

The expected sound pressure level at 1 metre from the edge of the exhaust gas pipe opening at an angle of 30 degrees to the direction of the gas flow and valid for a normal exhaust gas system - but without a boiler and silencer.

B) Airborne sound pressure levels - with standard noise reduction countermeasures.

Expected mean sound pressure octave spectrum levels, i.e. the average spartial noise values at a distance of 1 metre from the engine.
Prescribed measuring surface area is 101.8 m².

C) Air-borne sound pressure levels - with additional noise reduction countermeasures.

Expected mean sound pressure octave spectrum levels, i.e. the average spatial noise values at a distance of 1 metre from the engine.
Prescribed measuring surface area is 101.8 m².

Additional noise reduction countermeasures, e.g.:

1. Extra good turbocharger air intake silencer(s)
2. External sound insulation of scavenge air receiver
3. External sound insulation of scavenge air cooler(s).

Other additional noise reduction countermeasures are also available. The noise figures given are in accordance with the CIMAC recommendations for measurements of the overall noise for reciprocating engines. The average levels will, depending on the actual engine room configuration, be 1-5 dB higher when the engine is installed in the engine room.

D) Structureborne vibration levels















Expected mean velocity octave spectrum levels at the engine base plate as installed on board the ship. Based on an average engine foundation of a ship, and may only be used as a rough estimate as the velocity levels will depend on the actual foundation used. If the vibration velocity levels are referred to 10-9 m/s instead of 5×10^{-8} m/s, the calculated dB figures will be 34.0 dB higher than above stated.

Further reading: www.mandieselturbo.com/Papers/Diesel_Engines_And_the_Environment_Noise

Alternative Engines and Turbochargers, Further Reading

Alternative Tier I engines

SMCR: 8,600 kW at 98.0 rpm. Optimization point: 100.0

	Nominal MCR			Specified MCR			Engine room				
	Power	RPM		Lowest opt point	Opt point	SFOC (ISO)	Overhaul height H ₁	Overhaul height H ₃	Length _{min}	Width	Weight
	[kW]			[% SMCR]	[% SMCR]	[g/kWh]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[t]
8S50MC6.1-TI	11,440	127.0		91.0	100.0	▲ 170.1	8,850	▼ 8,100	8,840	2,950	288
8S50MC-C7.1-TI	12,640	127.0		91.0	100.0	167.1	9,000	8,250	8,474	3,150	273
► 8S50ME-C7.1-TI	12,640	127.0		91.0	100.0	167.1	9,000	8,250	8,474	3,150	▼ 257
9S50MC-C7.1-TI	14,220	127.0		91.0	100.0	163.8	9,000	8,250	9,324	3,150	311
9S50ME-C7.1-TI	14,220	127.0		91.0	100.0	163.8	9,000	8,250	9,324	3,150	293
5S60MC6.1-TI	10,200	105.0		85.0	100.0	166.8	10,700	9,600	7,184	3,478	319
5S60MC-C7.1-TI	11,300	105.0		85.0	100.0	163.8	10,700	▲ 9,800	▼ 6,668	3,770	314
5S60ME-C7.1-TI	11,300	105.0		85.0	100.0	163.8	10,750	9,725	▼ 6,668	3,770	295
5S60ME-C7.1-GI-TI	11,300	105.0		85.0	100.0	163.8	10,725	9,725	▼ 6,668	3,770	295
6S60MC6.1-TI	12,240	105.0		85.0	100.0	161.8	10,700	9,600	8,252	3,478	371
6S60MC-C7.1-TI	13,560	105.0		91.1	100.0	159.3	10,700	▲ 9,800	7,688	3,770	358
6S60ME-C7.1-TI	13,560	105.0		91.1	100.0	159.3	10,750	9,725	7,688	3,770	337
6S60ME-C7.1-GI-TI	13,560	105.0		91.1	100.0	159.3	10,725	9,725	7,688	3,770	337
7S60MC6.1-TI	14,280	105.0		98.3	100.0	▼ 158.2	10,700	9,600	▲ 9,320	3,478	▲ 422

► = selected engine ▼ = lowest value ▲ = highest value

Alternative Turbochargers

	Seawater pump flow	Lub. oil flow	Lub. oil cooler			Jacket water cooler flow, s.w.	Min. motor rating for aux blowers
			heat diss.	oil flow	s.w. flow		
	[m³/h]	[m³/h]	[kW]	[m³/h]	[m³/h]	[m³/h]	[kW]
► 1 x TCA66-21	305	270	760	270	105	105	2 x 48.0
2 x TCA44-23	305	270	770	270	105	105	2 x 48.0
2 x TCA55-21	310	275	790	275	110	110	2 x 48.0
1 x TPL77-B12	310	270	810	270	110	110	2 x 48.0
1 x A175-L34	310	265	800	265	110	110	2 x 48.0
2 x TPL73-B11	310	275	860	275	110	110	2 x 48.0
2 x A165-L34	310	270	810	270	110	110	2 x 48.0
1 x MET60MA	305	265	780	265	105	105	2 x 48.0
2 x MET42MA	305	265	780	265	105	105	2 x 48.0

► = selected turbocharger s.w. = seawater c.w. = central water

References and Further Reading

www.mandieselturbo.com/Papers/Basic_Principles_Of_Ship_Propulsion

Layout/load diagrams, running points, combinator curves, propeller propulsion, propeller types/dimensions, flow and operating conditions, ship types, hull resistance/forms, load lines.

www.mandieselturbo.com/Papers/Influence_Of_Ambient_Temperature_Conditions

Influence of ambient temperature conditions on engine operation, engine room ventilation, special high/low temperature precautions, adjustable bypass system.

www.mandieselturbo.com/Papers/Propulsion_Trends_in_Bulk_Carriers

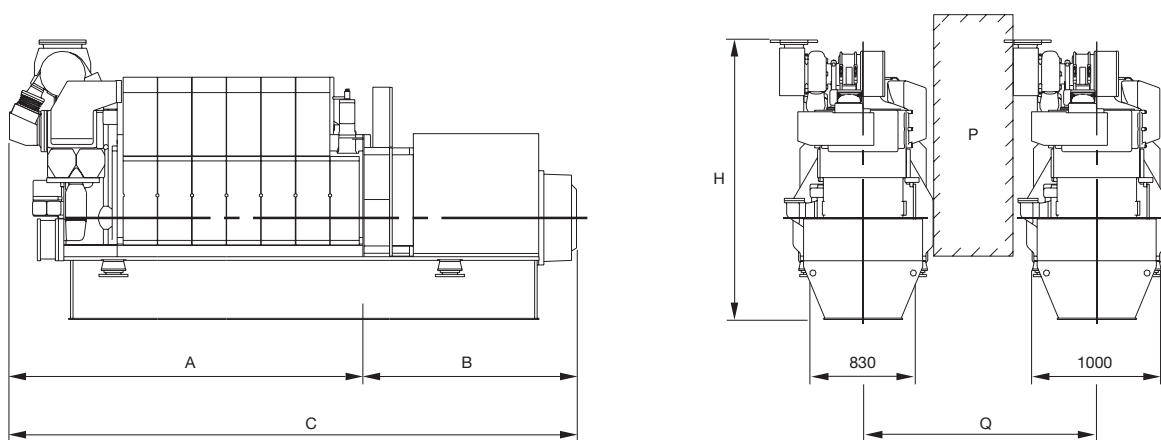
Greater market demand for bulk carriers, double skinned hull design, sizes and classes, propulsion power demand, average bulk carriers, Handysize, Panamax,

www.mandieselturbo.com/Papers

Technical papers on propulsion trends in tankers/bulkers/shuttle tankers/container ships, exhaust gas boiler, emission control, LNG carrier, ME-GI engines, Alpha ACC, engine noise, vibration aspects.

L16/24 GenSet Data

Bore: 160 mm			Stroke: 240 mm	
	Power layout			
	1,200 r/min	60 Hz	1,000 r/min	50 Hz
	Eng. kW	Gen. kW	Eng. kW	Gen. kW
5L16/24	500	475	450	430
6L16/24	660	625	540	515
7L16/24	770	730	630	600
8L16/24	880	835	720	685
9L16/24	990	940	810	770



178 23 03-1.0

No. of Cyls.	A (mm)	* B (mm)	* C (mm)	H (mm)	**Dry weight GenSet (t)
5 (1,000 r/min)	2,751	1,400	4,151	2,226	9.5
5 (1,200 r/min)	2,751	1,400	4,151	2,226	9.5
6 (1,000 r/min)	3,026	1,490	4,516	2,226	10.5
6 (1,200 r/min)	3,026	1,490	4,516	2,226	10.5
7 (1,000 r/min)	3,301	1,585	4,886	2,226	11.4
7 (1,200 r/min)	3,301	1,585	4,886	2,266	11.4
8 (1,000 r/min)	3,576	1,680	5,256	2,266	12.4
8 (1,200 r/min)	3,576	1,680	5,256	2,266	12.4
9 (1,000 r/min)	3,851	1,680	5,531	2,266	13.1
9 (1,200 r/min)	3,851	1,680	5,531	2,266	13.1

P Free passage between the engines, width 600 mm and height 2,000 mm

Q Min. distance between engines: 1,800 mm

* Depending on alternator

** Weight incl. standard alternator (based on a Leroy Somer alternator)

All dimensions and masses are approximate and subject to change without prior notice.

178 33 87-4.3

Fig. 4.06.01: Power and outline of L16/24

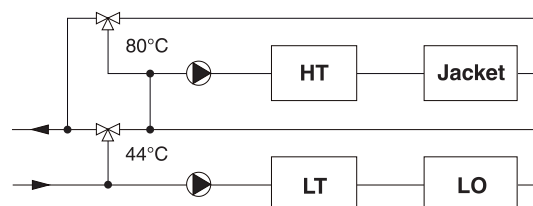
L16/24 GenSet Data

		Cyl.	5	6	7	8	9
Max. continuous rating at	1,000 rpm	kW	450	540	630	720	810
Engine Driven Pumps:							
H.T. cooling water pump	(2.0 bar)**	m ³ /h	10.9	12.7	14.5	16.3	18.1
L.T. cooling water pump	(1.7 bar)**	m ³ /h	15.7	18.9	22.0	25.1	28.3
Lubricating oil	(3-5.0 bar)	m ³ /h	21	23	24	26	28
External Pumps:							
Diesel oil pump	(5 bar at fuel oil inlet A1)	m ³ /h	0.31	0.38	0.44	0.50	0.57
Fuel oil supply pump	(4 bar discharge pressure)	m ³ /h	0.15	0.18	0.22	0.25	0.28
Fuel oil circulating pump	(8 bar at fuel oil inlet A1)	m ³ /h	0.32	0.38	0.45	0.51	0.57
Cooling Capacities:							
Lubricating oil		kW	79	95	110	126	142
Charge air L.T.		kW	43	51	60	68	77
*Flow L.T. at 36°C inlet and 44°C outlet		m ³ /h	13.1	15.7	18.4	21.0	23.6
Jacket cooling		kW	107	129	150	171	193
Charge air H.T.		kW	107	129	150	171	193
Gas Data:							
Exhaust gas flow		kg/h	3,321	3,985	4,649	5,314	5,978
Exhaust gas temp.		°C	330	330	330	330	330
Max. allowable back press.		bar	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025
Air consumption		kg/h	3,231	3,877	4,523	5,170	5,816
Starting Air System:							
Air consumption per start		Nm	0.47	0.56	0.65	0.75	0.84
Air consumption per start		Nm	0.80	0.96	1.12	1.28	1.44
Heat Radiation:							
Engine		kW	11	13	15	17	19
Alternator		kW	(see separate data from the alternator maker)				

The stated heat balances are based on tropical conditions, the flows are based on ISO ambient condition.

* The outlet temperature of the H.T. water is fixed to 80°C, and 44°C for L.T. water. At different inlet temperatures the flow will change accordingly.

Example: if the inlet temperature is 25°C, then the L.T. flow will change to $(44-36)/(44-25) \times 100 = 42\%$ of the original flow. If the temperature rises above 36°C, then the L.T. outlet will rise accordingly.



178 56 53-3.0

** Max. permission inlet pressure 2.0 bar.

Fig. 4.06.02a: List of capacities for L16/24 1,000 rpm

L16/24 GenSet Data

		Cyl.	5	6	7	8	9
Max continues rating	1,200 rpm	kW	500	660	770	880	990
Engine driven pumps:							
LT cooling water pump	2 bar	m³/h	27	27	27	27	27
HT cooling water pump	2 bar	m³/h	27	27	27	27	27
Lubricating oil main pump	8 bar	m³/h	21	21	35	35	35
Separate pumps:							
Max. Delivery pressure of cooling water pumps		bar	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Diesel oil pump (5 bar at fuel oil inlet A1)		m³/h	0.35	0.46	0.54	0.61	0.69
Fuel oil supply pump (4 bar discharge pressure)		m³/h	0.17	0.22	0.26	0.30	0.34
Fuel oil circulating pump (8 bar at fuel oil inlet A1)		m³/h	0.35	0.46	0.54	0.62	0.70
Cooling capacity:							
Lubricating oil		kW	79	103	122	140	159
Charge air LT		kW	40	57	70	82	95
Total LT system		kW	119	160	192	222	254
Flow LT at 36°C inlet and 44°C outlet		m³/h	13	17	21	24	27
Jacket cooling		kW	119	162	191	220	249
Charge air HT		kW	123	169	190	211	230
Total HT system		kW	242	331	381	431	479
Flow HT at 44°C inlet and 80°C outlet		m³/h	6	8	9	10	11
Total from engine		kW	361	491	573	653	733
LT flow at 36°C inlet		m³/h	13	17	21	24	27
LT temp. Outlet engine		°C	60	61	60	60	59
(at 36°C and 1 string cooling water system)							
Gas Data:							
Exhaust gas flow		kg/h	3,400	4,600	5,500	6,200	7,000
Exhaust gas temp.		°C	330	340	340	340	340
Max. Allowable back press.		bar	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025
Air consumption		kg/h	3,280	4,500	5,300	6,000	6,800
Starting Air System:							
Air consumption per start		Nm	0.47	0.56	0.65	0.75	0.84
Air consumption per start		Nm	0.80	0.96	1.12	1.28	1.44
Heat Radiation:							
Engine		kW	9	13	15	18	21
Alternator		kW	(see separate data from the alternator maker)				

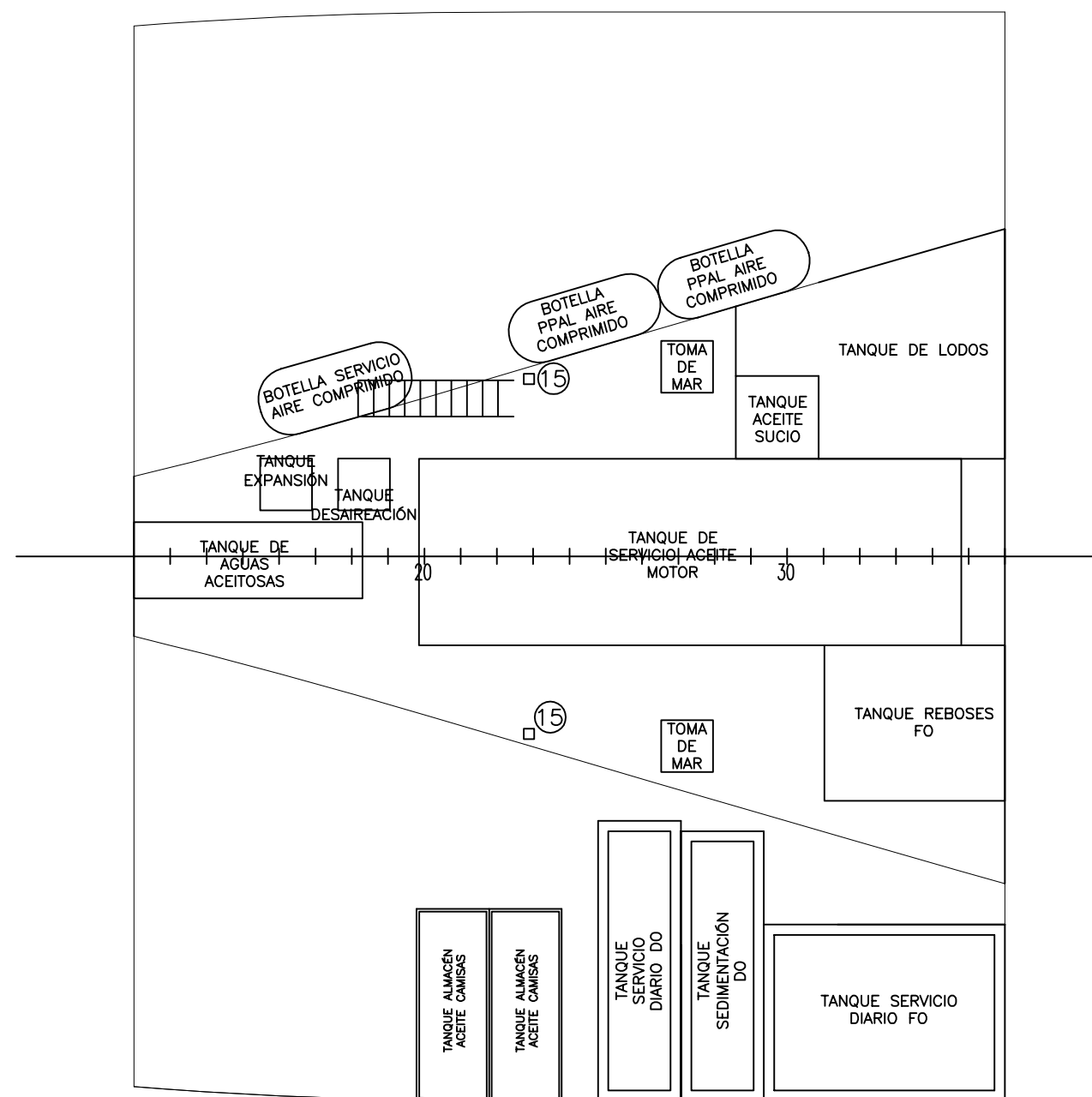
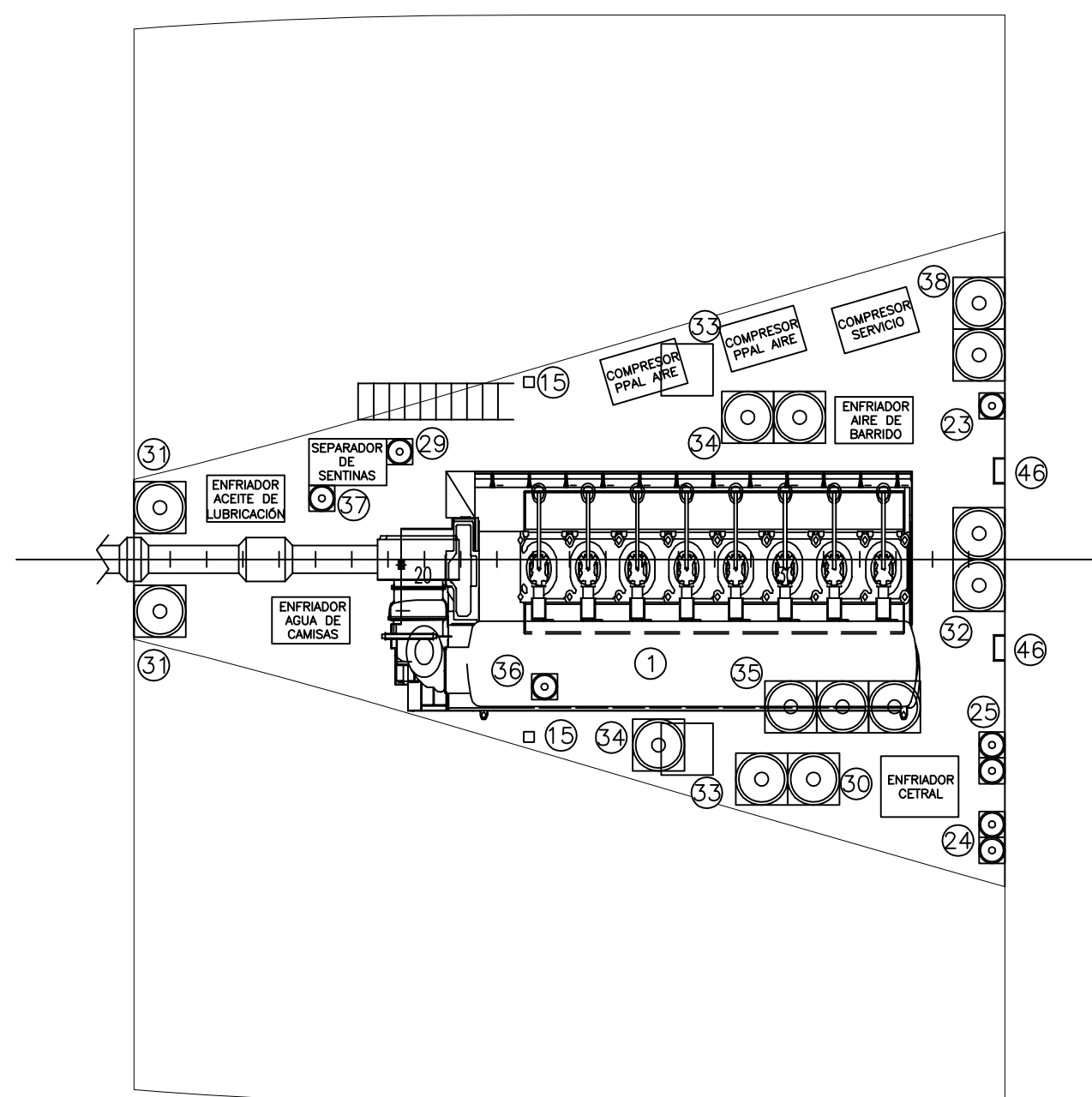
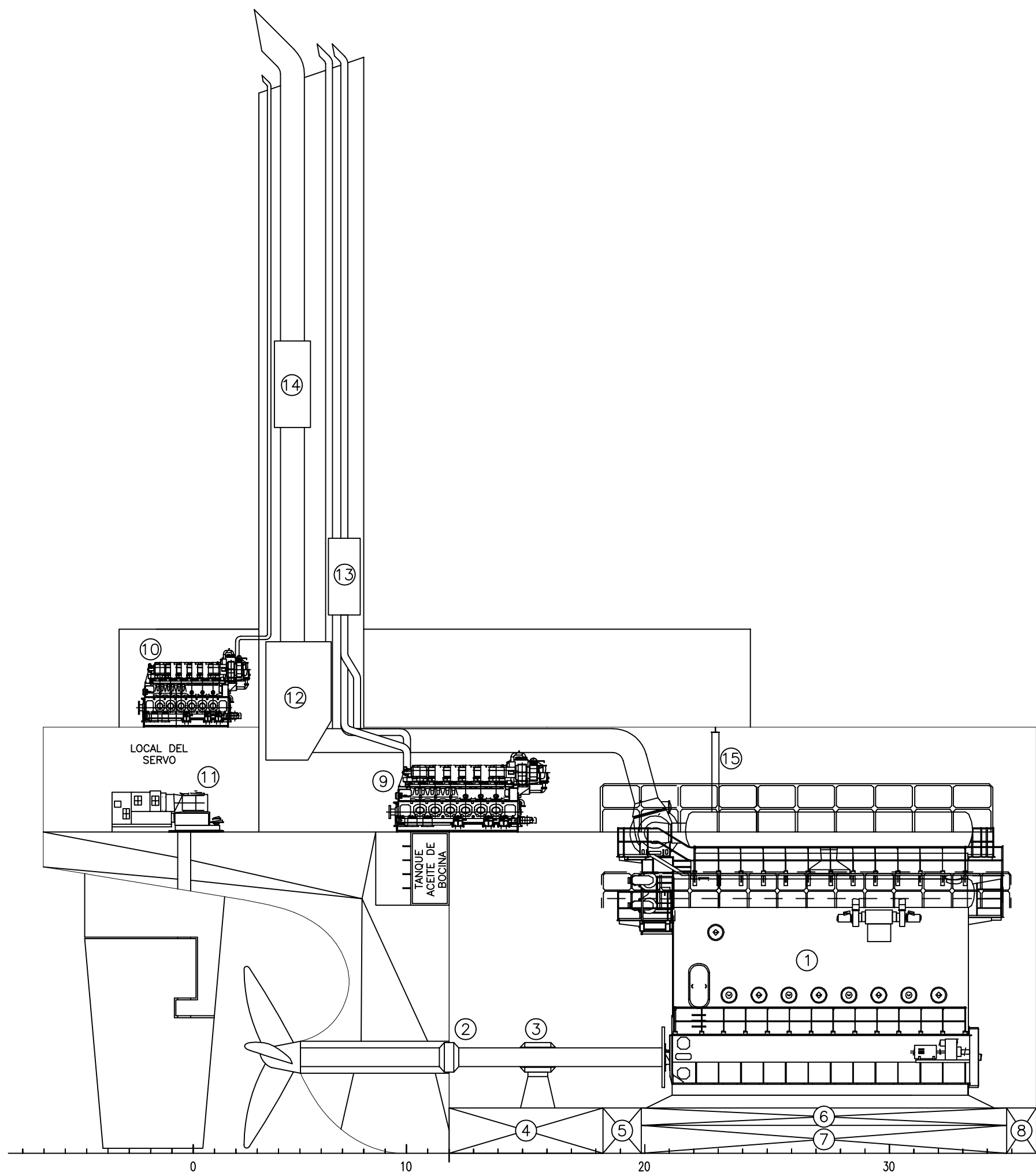
The stated heat balances are based on tropical conditions. The exhaust gas data (exhaust gas flow, exhaust gas temp. and air consumption). are based on ISO ambient condition.

* The outlet temperature of the HT water is fixed to 80°C, and 44°C for the LT water

At different inlet temperature the flow will change accordingly.

Example: If the inlet temperature is 25°C then the LT flow will change to $(44-36)/(44-25)*100 = 42\%$ of the original flow. If the temperature rises above 36°C, then the L.T. outlet will rise accordingly.

Fig. 4.06.02b: List of capacities for L16/24 1,200 rpm



Nº	UD	ELEMENTO
1	1	MOTOR PRINCIPAL
3	1	CHUMACERA DE EMPUJE
5	—	DOBLE FONDO
6	1	TANQUE DE SERVICIO DEL ACEITE DEL MOTOR PRINCIPAL
7	—	DOBLE FONDO
8	—	DOBLE FONDO
9	3	GENERADOR AUXILIAR
10	1	GENERADOR DE EMERGENCIA
11	1	SERVOMOTOR
12	1	CALDERA DE GASES DE ESCAPE DEL MOTOR PRINCIPAL
13	1	CALDERA DE GASES DE ESCAPE DEL MOTOR AUXILIAR
14	1	SILENCIOSO
15	2	PUNTA DE SOPORTE DE SUPERESTRUCTURA
16	2	PASO DE PIEZAS A CÁMARA DE MÁQUINAS
17	2	BOMBA DE TRASIEGO HFO
18	2	BOMBA AUTOMÁTICA DE TRASIEGO HFO
19	1	BOMBA DE TRASIEGO DOI
20	1	BOMBA AUTOMÁTICA DE TRASIEGO DO
21	2	BOMBA DE ALIMENTACIÓN SEPARADORAS HFO
22	1	BOMBA DE ALIMENTACIÓN SEPARADORAS DO
23	1	BOMBA DE LODOS
24	2	BOMBA DE SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE
25	2	BOMBA DE CIRCULACIÓN DE COMBUSTIBLE DEL MOTOR PRINCIPAL
26	2	BOMBA DE CIRCULACIÓN DE COMBUSTIBLE DE LOS MOTORES AUXILIARES
27	2	BOMBA DE TRASIEGO DE ACEITE DE CAMISAS DEL MOTOR PRINCIPAL
28	2	BOMBA DE CIRCULACIÓN DE ACEITE DEL MOTOR PRINCIPAL
29	1	BOMBA DE AGUAS ACEITOSAS
30	2	BOMBA DE AGUA SALADA
31	2	BOMBA DE AGUA DULCE DE REFRIGERACIÓN
32	2	BOMBA DE AGUA DULCE DE REFRIGERACIÓN DE CAMISAS DEL MOTOR PRINCIPAL
33	2	TOMA DE MAR
34	3	BOMBA DE LASTRE Y SENTINA
35	3	BOMBA DE SENTINA DE BODEGAS
36	1	BOMBA DE AGOTAMIENTO
37	1	BOMBA DE SEPARADOR DE SENTINA
38	2	BOMBA CONTRAINCENDIOS
39	2	BOMBA DE AGUA DULCE SANITARIA
40	2	BOMBA DE AGUA DULCE SANITARIA CALIENTE
41	2	BOMBA DE AGUA DEL AIRE ACONDICIONADO
42	2	BOMBA DE AGUA DULCE INDUSTRIAL
43	2	BOMBA DE ALIMENTACIÓN DE AGUA DE LA CALDERA
44	2	BOMBA DE ALIMENTACIÓN DE LAS CALDERAS DE GASES DE ESCAPE
45	2	BOMBA DE EXTRACCIÓN DEL CONDENSADO
46	4	ESCALAS DE EMERGENCIA
47	1	ACCESO A REGISTROS DE INSPECCIÓN

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES	
ESLORA TOTAL	129,76 m
ESLORA ENTRE PERPENDICULARES	116,00 m
MANGA DE TRAZADO	21,00 m
PUNTA A LA CUBIERTA PRINCIPAL	12,20 m
CALADO DE PROYECTO	7,40 m
CALADO DE ESCANTILLONADO	7,42 m
COEFICIENTE DE BLOQUE	0,689
CONTENEDORES EN BODEGA	337 m
CONTENEDORES EN CUBIERTA	313

CÁMARA DE MÁQUINAS	
ESLORA	16,8 m
PUNTAL	10,90 m
MOTOR PRINCIPAL	
MODELO	MAN BSSOME-MC7
MCR	11682 C.V
RÉGIMEN	98 r.p.m
PESO	257 t
MOTORES AUXILIARES	
MODELO	MAN 7L16/24
POTENCIA MOTOR	770 kW
POTENCIA GENERADOR	730 kW
RÉGIMEN	1200 r.p.m
FRECUENCIA	60 Hz
PESO	11,4 t

**INDICE:**

1	INTRODUCCIÓN	4
2	PESO DEL ACERO	5
2.1	PESO DEL ACERO CONTINUO	5
2.1.1	Material longitudinal continuo	5
2.1.2	Material Transversal	7
2.2	PESO DE LOS MAMPAROS TRANSVERSALES.....	10
2.3	PESO DE LOS PIQUES.....	11
2.4	PESO DE LA AMURADA.....	12
2.5	PESO DE TANQUES EN CÁMARA DE MÁQUINAS	12
2.6	PESO DE LOS REFUERZOS ESTRUCTURALES EN CÁMARA DE MÁQUINAS	14
2.7	PESO DEL CODASTE.....	14
2.8	PESO DE LA SUPERESTRUCTURA.....	15
2.9	PESO DE LA CHIMENEA Y GUARDACALOR	16
2.10	PESO DEL CASTILLO	16
2.11	MÁRGENES Y RESUMEN DEL PESO DEL ACERO	17
3	PESO DE LA MAQUINARIA	18
3.1	PESO DEL MOTOR	19
3.2	PESO RESTANTE DE LA MAQUINARIA PROPULSORA	19
3.3	PESO RESTANTE DE LA MAQUINARIA GENERAL	20
3.4	RESUMEN DEL PESO DE LA MAQUINARIA.....	21
4	PESO DE LOS EQUIPOS	21
4.1	PESO DEL EQUIPO DE FONDEO Y AMARRE	22
4.2	PESO DEL EQUIPO DE NAVEGACIÓN	23
4.3	PESO DEL EQUIPO DE GOBIERNO.....	24
4.4	PESO DE LA HÉLICE DE MANIOBRA	24
4.5	PESO DEL EQUIPO DE SALVAMENTO	25
4.6	PESO DEL EQUIPO CONTRAINCENDIOS	25
4.7	PESO DEL EQUIPO DE ACONDICIONAMIENTO DE BODEGAS	26
4.8	PESO DE LAS GUÍAS	27
4.9	PESO DE RESPETOS	27
4.10	PESO DE ESCALERAS, PUERTAS, PORTILLOS Y VENTANAS	28
4.11	PESO DE LA PINTURA DEL BUQUE.....	29
4.12	PESO DE LA PROTECCIÓN CATÓDICA	29



4.13	RESUMEN DEL PESO DE LOS EQUIPOS.....	30
5	PESO DE LA HABILITACION	31
6	RESUMEN DEL PESO EN ROSCA	31
7	ANEXOS	32





1 INTRODUCCIÓN

En este cuaderno se presentará la estimación de pesos de las diferentes partes y equipos que componen el buque, así como la disposición de sus correspondientes centros de gravedad longitudinal y transversal.

El cálculo de pesos del proyecto así como las coordenadas de sus centros de gravedad lo hemos realizado mediante varios métodos de la forma siguiente:

- El peso del acero continuo lo hemos estimado a partir del método propuesto por el Lloyd's Register of Shipping (L.R.S.).
- Para otros elementos tales como piques, superestructura, etc; hemos usado también las fórmulas empíricas del L.R.S.
- El peso de motores y algunos de los equipos los hemos obtenido a partir de datos de los respectivos fabricantes.
- Otros elementos como la amurada la hemos calculado a partir de sus dimensiones y del escantillonado aproximado.
- Los pesos de otros equipos los hemos calculado a partir de las fórmulas y recomendaciones obtenidas en el texto “Desplazamiento. Peso en Rosca y Peso Muerto” de D. Manuel Meizoso y D. José Luis García Garcés publicado en la E.T.S.I.N.
- Los restantes pesos los hemos obtenido a partir de datos de buques similares realizando las correcciones oportunas.

Así, el desglose del peso en rosca lo hemos dividido en cuatro grandes grupos:

- PESO DE ACERO
- PESO DE MAQUINARIA
- PESO DE EQUIPO
- PESO DE HABILITACIÓN.



En cuanto a los centros de gravedad que también hemos calculado, tienen las coordenadas referidas siempre a la perpendicular de popa y a la línea base respectivamente.

2 PESO DEL ACERO

2.1 PESO DEL ACERO CONTINUO

Con el mencionado método del Lloyd's, se obtiene la curva de peso continuo componiendo las siguientes curvas:

- Curva de material longitudinal continuo.
- Curva de peso remanente, que incluirá el material transversal de la estructura.

2.1.1 Material longitudinal continuo

La curva perteneciente a la distribución de material continuo se define por medio de una serie de pesos, que se corresponden a las secciones de trazado (donde la sección 10 se corresponde con la cuaderna maestra). Las ordenadas se obtienen a partir de la siguiente expresión:

$$A_i = G_i^{m_i}$$

Donde:

A_i = Ordenada adimensionada de la curva de la sección "i".

G_i = Relación entre el perímetro de la sección "i" con el de la sección maestra.

m_i = Exponente tabulado.



Para representar el acero que hay fuera de la eslora entre perpendiculares, la curva se prolonga hacia popa del buque por medio de un rectángulo, cuya altura corresponde a la ordenada en la perpendicular de popa. Debido al tipo de bulbo instalado, igualmente la curva se prolonga hacia proa hasta el extremo de proa por medio de un rectángulo cuya altura corresponde con la ordenada de la curva en la perpendicular de proa.

El valor del peso por metro para cada una de estas secciones de trazado, Wl_i , se calculará a través del peso por metro de la cuaderna maestra, Wl_{10} , en función de la relación del perímetro entre estas secciones. El peso por metro de material continuo será entonces:

$$Wl_i = A_i \cdot Wl_{10}$$

Para calcular la altura del centro de gravedad del peso en rosca, se parte de la siguiente hipótesis:

- En todas las secciones, excepto en los piques y la cámara de máquinas, la relación entre la altura del centro de gravedad del material longitudinal continuo Kg_i y la del centro de gravedad del perímetro considerado, incluyendo el doble casco, Zg_i , se mantiene constante.

Partiendo de la altura del centro de gravedad de la cuaderna maestra Kg_{10} del material longitudinal hasta la cubierta superior, se verifica en cada sección:

$$Kg_i = Zg_i \cdot \frac{Kg_{10}}{Zg_{10}}$$

- En las secciones de la cámara de máquinas y de los piques se considera $Kg_i = Zg_i$ que es más exacto.

El peso de la maestra lo obtenemos a partir del área del material longitudinal en la maestra multiplicándolo por la densidad del acero ($7,85 \text{ Tm/m}^3$).



Área de mat. long. de la maestra, $A_{10} = 1.60m^2$ (sin incluir la amurada)

Peso por metro cuadrado de mat. long. de la maestra,
 $WL_{10} = 7.85 \cdot 1.58 = 12.560t / m$

Las tablas que definen las curvas utilizadas son las mostradas a continuación, siendo los resultados obtenidos:

Cuaderna	Xgi	Ai	perímetro (m)	Gi	mi	WI(i) (T/m)
0	0	0,33	46,79	0,72	3,45	4,550
1	5,8	0,76	59,43	0,92	3,3	10,513
2	11,6	0,72	56,98	0,88	2,67	9,898
3	17,4	0,76	56,9	0,88	2,21	10,451
4	23,2	0,85	58,36	0,90	1,6	11,755
5	29	0,91	60,22	0,93	1,29	12,630
6	34,8	0,96	61,99	0,96	1	13,266
7	40,6	0,98	63,36	0,98	1	13,559
8	46,4	0,99	64,21	0,99	1	13,741
9	52,2	1,00	64,56	1,00	1	13,816
10	58	1,00	64,56	1,00	1	13,816
11	63,8	1,00	64,46	1,00	1	13,795
12	69,6	0,99	63,7	0,99	1	13,632
13	75,4	0,93	62,27	0,96	1,91	12,895
14	81,2	0,86	60,46	0,94	2,22	11,943
15	87	0,76	58,44	0,91	2,8	10,454
16	92,8	0,63	56,44	0,87	3,39	8,760
17	98,6	0,57	54,56	0,85	3,33	7,889
18	104,4	0,46	51	0,79	3,27	6,391
19	110,2	0,26	43,66	0,68	3,44	3,597
20	116	0,21	35,48	0,55	2,61	2,896

2.1.2 Material Transversal

El procedimiento seguido para definir la curva de peso del material transversal y sus características es análogo al caso del material longitudinal continuo. Las ordenadas se obtienen por medio de la expresión:



$$R_i = E_i^p$$

Donde:

R_i = Ordenada adimensionalizada de la curva de sección "i".

E_i = Relación entre el área de la sección "i" con la de la cuaderna maestra.

p = Exponente tabulado.

El valor que relaciona la curva real con la adimensionalizada es el peso por metro de material transversal de la maestra.

La altura del centro de gravedad del material transversal se obtiene partiendo de la siguiente hipótesis:

- En todas las secciones incluida la maestra, la relación entre la altura del centro de gravedad del material transversal continuo, Kg_i y la del centro de gravedad del perímetro considerado, Zg_i , se mantiene constante.

Conociendo la altura del centro de gravedad del material transversal en la cuaderna maestra Kg_m , en la sección "i" se verifica que:

$$Kg_i = Zg_i \cdot Kg_m / Zg_m$$

En nuestro caso, los datos del peso del material transversal de la estructura es de 4,9 t, y considerando que los elementos transversales continuos existen cada tres claras de cuadernas, deberé dividir el valor anterior por la longitud de 3 claras de cuadernas, que corresponden a 2.1 m. Por lo tanto tendré:

$$Wt_{10} = 2.33t / m$$



A continuación presentamos las tablas con los resultados de los cálculos:

Cuaderna	Área (m ²)	Zcg (m)	Zcg r. (m)	Qi	pi	Wt(i) (T/m)
0	80,77	10,211	10,211	0,32	0,5	1,447
1	114,11	9,022	9,022	0,45	0,65	1,525
2	156,95	7,868	7,868	0,62	0,78	1,762
3	191,86	7,196	7,196	0,75	0,88	2,004
4	216,57	6,787	6,787	0,85	0,94	2,208
5	233,5	6,512	4,2328	0,92	0,99	2,360
6	244,66	6,326	4,1119	0,96	1	2,470
7	250,74	6,215	4,03975	0,99	1	2,532
8	253,39	6,161	4,00465	1,00	1	2,558
9	254,21	6,144	3,9936	1,00	1	2,567
10	254,21	6,144	3,9936	1,00	1	2,567
11	254	6,148	3,9962	1,00	1	2,565
12	251,92	6,191	4,02415	0,99	1	2,544
13	246,13	6,299	4,09435	0,97	1	2,485
14	235,07	6,481	4,21265	0,92	1	2,373
15	217,97	6,73	4,3745	0,86	0,99	2,204
16	193,69	7,041	4,57665	0,76	0,94	1,988
17	160,87	7,4	4,81	0,63	0,88	1,716
18	120,84	7,71	5,0115	0,48	0,78	1,437
19	74,01	7,857	5,10705	0,29	0,65	1,151
20	27,72	6,974	4,5331	0,11	0,5	0,848



La siguiente tabla resume los resultados obtenidos para el peso continuo del acero.

Sección	$W_L(i)$ T/m	$W_T(i)$ T/m	W_{total} T/m	Factor de Simpson (f)	$f \cdot W_{total}$ (T)	Abcisa X_G (m)	Ordenada Z_G (m)
0 (Pp)	4,55	1,45	6,00	1,93	13,33	0,00	10,21
1	10,51	1,52	12,04	7,73	107,06	5,80	9,02
2	9,90	1,76	11,66	3,87	51,85	11,60	7,87
3	10,45	2,00	12,45	7,73	110,76	17,40	7,20
4	11,76	2,21	13,96	3,87	62,09	23,20	6,79
5	12,63	2,36	14,99	7,73	133,31	29,00	4,23
6	13,27	2,47	15,74	3,87	69,97	34,80	4,11
7	13,56	2,53	16,09	7,73	143,10	40,60	4,04
8	13,74	2,56	16,30	3,87	72,48	46,40	4,00
9	13,82	2,57	16,38	7,73	145,70	52,20	3,99
10	13,82	2,57	16,38	3,87	72,85	58,00	3,99
11	13,79	2,56	16,36	7,73	145,49	63,80	4,00
12	13,63	2,54	16,18	3,87	71,93	69,60	4,02
13	12,90	2,49	15,38	7,73	136,78	75,40	4,09
14	11,94	2,37	14,32	3,87	63,66	81,20	4,21
15	10,45	2,20	12,66	7,73	112,57	87,00	4,37
16	8,76	1,99	10,75	3,87	47,79	92,80	4,58
17	7,89	1,72	9,60	7,73	85,42	98,60	4,81
18	6,39	1,44	7,83	3,87	34,81	104,40	5,01
19	3,60	1,15	4,75	7,73	42,23	110,20	5,11
20 (Ppr)	2,90	0,85	3,74	1,93	8,32	116,00	4,53
				TOTAL	1731,49	59,44	4,95

2.2 PESO DE LOS MAMPAROS TRANSVERSALES

La obtención del peso y la altura del centro de gravedad de los mamparos estancos de bodegas y piques se realiza mediante cálculo directo con la fórmula:

$$P = 7,85 \cdot A \cdot t \cdot 1,3$$

Siendo,

A = área del mamparo.

t = espesor.



1,3 = hemos considerado un 30% de aumento por refuerzos.

La siguiente tabla resume los resultados obtenidos para el peso de los mamparos transversales.

	cuaderna	Área (m2)	Espesor (m)	Peso (T)	Zcg (m)	Lcg (m)
piq. Popa	12	95,76	13,00	12,70	10,04	7,32
CCMM B1	36	119,71	13,00	15,88	6,52	24,12
B1-C1	72	254,00	13,00	33,70	6,10	49,32
C1-B2	75	254,20	13,00	33,72	6,10	51,42
B2-C2	111	244,29	13,00	32,41	6,18	76,62
C2-B3	114	240,52	13,00	31,91	6,22	78,72
B3-C4	150	126,31	13,00	16,76	7,66	103,92
Colisión	156	90,98	13,00	12,07	10,74	107,85
Total (sin piques)				189,15	6,87	62,97

2.3 PESO DE LOS PIQUES

Se ha calculado el peso de las planchas de acero que delimitan los tanques que se encuentran en los piques con la fórmula siguiente propuesta por el L.R.S.:

$$P = 0,071 \cdot V$$

Siendo,

V = volumen del tanque correspondiente al pique.

0,071 = constante dada por el Lloyd's para buques portacontenedores.

Considerando que el centro de gravedad del pique está situado en el centro de gravedad del volumen del tanque tendremos:

	Vol. (m3)	Peso (T)	Lcg (m)	Zcg (m)
p. proa	499,1	35,4361	112,273	7,33
p. popa	328,8	23,3448	3,26	7,751



2.4 PESO DE LA AMURADA

La amurada se obtiene por cálculo directo mediante la fórmula:

$$P = 7,85 \cdot A \cdot t \cdot 1,3$$

Siendo,

$$A = \text{área de la amurada} = 99.85 \text{ m}^2$$

$$t = \text{espesor} = 12 \text{ mm.}$$

$$1,3 = \text{hemos considerado un 30\% de aumento por refuerzos}$$

El centro de gravedad está en el centro geométrico del área. Así pues, será:

$$P = 12.23 \text{ t}$$

$$Z_g = 15.78 \text{ m}$$

$$X_g = 113.13 \text{ m}$$

2.5 PESO DE TANQUES EN CÁMARA DE MÁQUINAS

En este apartado consideraremos los tanques que no forman parte de la estructura normal del buque en la cámara de máquinas.

El peso de los tanques lo calculamos a partir de la fórmula propuesta por el L.R.S.:

$$P = 0,071 \cdot V$$

Siendo,

$$V = \text{volumen de los tanques.}$$

$$0,071 = \text{constante dada por el Lloyd's para buques portacontenedores.}$$



La posición de su centro de gravedad coincide con cada uno de los volúmenes de los tanques, los cuales se han obtenido en la tabla obtenida en Foran y que está incluida en un cuaderno anterior.

A continuación presentamos las tablas con los resultados de los cálculos:

ID. Tanque	Capacidad m ³	Peso T	LCG m	TCG m	VCG m
9A03	59,30	4,21	5,07	-8,24	10,72
9A04	59,30	4,21	5,07	8,24	10,72
9A05	16,10	1,14	1,77	9,05	10,77
9A06	0,60	0,04	1,38	-4,85	9,51
9A07	0,60	0,04	3,31	-5,55	9,51
9A08	2,00	0,14	6,82	0,00	8,20
9B01	19,40	1,38	13,47	-8,69	9,74
9B02	20,30	1,44	14,87	-8,68	9,62
9B03	13,70	0,97	17,08	-7,89	7,40
9B04	14,20	1,01	18,66	-8,02	7,19
9B05	53,10	3,77	21,83	-8,57	7,08
9B06	12,30	0,87	22,41	-3,12	0,70
9B07	18,80	1,33	18,05	0,08	1,05
9B08	1,00	0,07	10,26	1,34	0,77
9B09	1,10	0,08	11,77	1,36	0,72
9B10	3,10	0,22	19,74	2,65	0,69
9B11	15,20	1,08	22,15	3,51	0,76
9B12	5,50	0,39	7,81	-9,30	10,71
9B13	5,50	0,39	8,81	-9,30	10,71
9B14	31,50	2,24	17,52	-8,90	10,80
9B15	27,00	1,92	20,69	-8,13	10,80
9B16	26,90	1,91	22,91	-8,13	10,80
9B17	1,50	0,11	15,03	-4,52	9,95
9B18	8,30	0,59	9,53	0,00	0,66
Total		29,56	13,99	-4,04	8,50



2.6 PESO DE LOS REFUERZOS ESTRUCTURALES EN CÁMARA DE MÁQUINAS

En este apartado se incluyen las cubiertas, plataformas intermedias y escalerillas de la cámara de máquinas. El peso se estima con la siguiente fórmula propuesta por el L.R.S.:

$$P = 0,0295 \cdot V$$

Siendo,

$$V = \text{volumen de la cámara de máquinas} = 2875.6 \text{ m}^3$$

El centro de gravedad se considera situado en el centro de gravedad de este volumen.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

$$P = 84.83 \text{ t}$$

$$Z_g = 7.702 \text{ m}$$

$$X_g = 16.402 \text{ m}$$

Este peso se distribuye homogéneamente a lo largo de la eslora de la cámara de máquinas.

2.7 PESO DEL CODASTE

El peso del codaste lo hemos calculado a partir de la fórmula propuesta por el L.R.S.:

$$P = 11,852 \cdot T$$

Siendo,

$$T = \text{calado de verano del buque} = 7.42 \text{ m}$$



La posición del centro de gravedad se supone situada a la mitad del calado medio de francobordo

Los resultados obtenidos son los siguientes:

$$P = 97.94 \text{ t}$$

$$Z_g = 4.66 \text{ m}$$

$$X_g = -2.001 \text{ m}$$

2.8 PESO DE LA SUPERESTRUCTURA

Para el cálculo del peso de la superestructura hemos utilizado la fórmula propuesta por el L.R.S.:

$$P = 0,13 \cdot V$$

Siendo,

V = Volumen de la superestructura

Esto lo haremos para cada una de las cubiertas de la superestructura, obteniendo:

ESPACIO	Capacity m ³	Weight T	LCG m	VCG m
8A01	464,50	60,39	10,41	13,20
8A02	422,50	54,93	9,92	16,00
8A03	385,90	50,17	9,92	18,80
8A04	385,90	50,17	9,92	21,60
8A05	273,10	35,50	11,38	24,40
8A06	207,10	26,92	11,38	27,20
Total		278,07	10,35	19,06



2.9 PESO DE LA CHIMENEA Y GUARDACALOR

Este peso lo hemos estimado mediante la fórmula del L.R.S.:

$$P = 0,13 \cdot V$$

Siendo,

V = volumen de la chimenea y el guardacalor.

El centro de gravedad lo consideramos situado en el centro de gravedad de este volumen.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

$$P = 49.22 \text{ t}$$

$$Z_g = 18.76 \text{ m}$$

$$X_g = 3.386 \text{ m}$$

2.10 PESO DEL CASTILLO

Este peso lo hemos estimado mediante la fórmula del L.R.S.:

$$P = 0,09 \cdot V$$

Siendo,

$$V = \text{volumen del castillo} = 785.7 \text{ m}^3$$

El centro de gravedad lo consideramos situado en el centro de gravedad de este volumen.



Los resultados obtenidos son los siguientes:

$$P = 78.1 \text{ t}$$

$$Z_g = 13.67 \text{ m}$$

$$X_g = 110.33 \text{ m}$$

2.11 MÁRGENES Y RESUMEN DEL PESO DEL ACERO

En este apartado tratamos de corregir el peso del acero calculado debido a que no hemos incluido el peso de los cordones de soldadura que estimamos del orden del 3%.

A continuación detallamos el resumen de los pesos y centros de gravedad que hemos calculado hasta el momento, sin contar el acero continuo.

Resumen	Peso (T)	Xcg (m)	Zcg (m)
Mamparos transversales	189,15	62,97	6,87
Pique de proa	35,44	112,27	7,33
Pique de popa	23,34	3,26	7,75
Amurada	12,23	113,13	15,78
Tanques C. Máquinas	29,56	13,99	-4,04
Refuerzos CCMM	84,83	16,40	7,70
Codaste	97,94	-2,00	4,66
Superestructura	278,07	10,35	19,06
Guardacalor y chimenea	49,22	3,39	18,76
Castillo	78,10	110,33	13,67
Total	877,88	38,37	11,64

Como hemos indicado antes, aplicaremos un margen por soldadura del 3% además un 3% debido a la laminación. Por tanto, tomaremos un aumento del 6% del peso con su centro de gravedad situado en el centro de gravedad del conjunto.



Con todo ello tendremos que, el peso total del acero será:

Resumen	Peso (T)	Xcg (m)	Zcg (m)
Acero continuo	1731,49	59,44	4,95
Acero local	877,88	38,37	11,64
Total +3% + 3%	2765,93	52,35	7,20

Aunque hemos realizado el desglose del peso del acero, entendemos que faltarán elementos en el mismo. Este margen se aplicará al peso en rosca final del buque.

3 PESO DE LA MAQUINARIA

El peso de la maquinaria se estima siguiendo las instrucciones del libro “Desplazamiento. Peso en rosca y peso muerto”.

El peso total de la maquinaria se divide en 2 grupos: peso de la maquinaria propulsora y peso restante. A su vez, el peso de la maquinaria propulsora se divide en peso del motor y peso restante de la maquinaria propulsora, con lo que el peso total será:

$$PQ = QP + RP + PQR$$

Siendo,

PQ = peso total de la maquinaria propulsora.

QP = peso del motor propulsor.

RP = peso restante de la maquinaria propulsora.

PQR = peso restante de la maquinaria general.



3.1 PESO DEL MOTOR

El motor propulsor que hemos elegido para nuestro buque es un motor MAN S50ME-MC7 de 8 cilindros y el peso que usaremos es el facilitado por el fabricante:

$$QP = 287 \text{ t}$$

La posición del centro de gravedad de esta parte se sitúa en la posición determinada en los manuales del motor.

$$Z_g = 6.77 \text{ m}$$

$$X_g = 17.12 \text{ m}$$

3.2 PESO RESTANTE DE LA MAQUINARIA PROPULSORA

Dentro de este apartado se incluyen los equipos necesarios para que el motor principal funcione, son los equipos pertenecientes a los siguientes sistemas:

- Sistema de combustible
- Sistema de aceite lubricante
- Sistema de aire comprimido
- Sistema de refrigeración
- Sistema de generación y distribución eléctrica (generadores, alternadores, cuadros, baterías, cables, aparamenta)
- Sistema de lastre y sentinas
- Sistema sanitario (no la parte de habitación)
- Exhaustación, ventilación y extracción en cámara de máquinas
- Pañoles y talleres en cámara de máquinas
- Alumbrado (excepto en habitación)
- Sistema de elevación en cámara de máquinas
- Motores eléctricos y auxiliares



El peso de los mismos lo hemos estimado a partir de la fórmula del L.R.S.:

$$RP = c \cdot MCO^d$$

Siendo, para motores diesel lentos:

MCO = potencia máxima continua del motor = 11682 HP

c = 0,63

d = 0,70

Aplicando estos valores obtengo

$$RP = 443.20t$$

3.3 PESO RESTANTE DE LA MAQUINARIA GENERAL

Para este caso, hemos usado la fórmula propuesta por el Lloyd's:

$$PQR = k \cdot V_{cm}^l + h \cdot EJ \cdot (j \cdot Lpp + 5)$$

Siendo,

Vcm = volumen de la cámara de máquinas = 2875.6 m³

EJ = longitud de la línea de ejes fuera de la cámara de máquinas = 3.97 m

Lpp = eslora entre perpendiculares del buque = 116.0 m

k, l, h, j son coeficientes de regresión que para buques de una sola hélice toman los siguientes valores:

k = 0,0295

l = 1

h = 1

j = 0,0164



Aplicando los parámetros anteriores se obtiene que:

$$PQR = 112.23 \text{ t}$$

La posición del centro de gravedad está aproximadamente en el centro geométrico de la cámara de máquinas:

$$Z_g = 7.70 \text{ m}$$

$$X_g = 16.40 \text{ m}$$

3.4 RESUMEN DEL PESO DE LA MAQUINARIA

En la siguiente tabla resumimos el desglose de la maquinaria obtenido.

Resumen	Peso (T)	Xcg (m)	Zcg (m)
Motor principal	287,00	17,82	6,77
Peso restante	443,20	17,82	6,77
Maquinaria auxiliar	112,23	16,40	7,70
Total	842,43	17,63	6,89

4 PESO DE LOS EQUIPOS

Para estimar los pesos de los distintos equipos hemos usado las recomendaciones del libro “Desplazamiento. Peso en rosca y peso muerto” junto con valores de pesos del buque base, fórmulas de peso propuestas por el L.R.S. y datos obtenidos de catálogos de equipos.



4.1 PESO DEL EQUIPO DE FONDEO Y AMARRE

El numeral del equipo se calcula mediante la fórmula:

$$NE = \Delta^{\frac{2}{3}} + 2 \cdot B \cdot H + \frac{A}{10}$$

Siendo,

Δ = desplazamiento al calado de verano = 12778 t

B = manga = 21 m

H = 19.8 m; altura efectiva, desde la flotación al calado de verano hasta la superestructura o caseta más alta que tenga una manga superior a B/4. Es decir:

$$H = a + \sum h_j$$

a = distancia, en metros, desde la flotación de verano a la cubierta principal.

h_j = altura, en metros, medida en crujía desde la cubierta principal de cada hilera de casetas de manga mayor que B/4.

A = área en el plano de crujía del casco, superestructuras y casetas, por encima de la flotación de verano, dentro de la eslora reglamentaria cuya manga no sea superior a B/4. = 819.24 m²

Tanto para el cálculo de A como de H no se tendrán en cuenta las casetas de manga menor que B/4 y si se consideran las escotillas y superficies cuya altura sobre la línea de cubierta sea mayor que 1,5 m.

Con todo esto tendremos que el numeral del equipo vale:

$$NE = 1460$$



A partir del numeral del equipo podemos obtener el peso del equipo de fondeo y amarre mediante la siguiente fórmula:

$$PEFA = -0.03 \cdot \left(\frac{NE}{100}\right)^2 + 10.63 \cdot \left(\frac{NE}{100}\right) - 73.1 = 75.71t$$

El peso se distribuirá en dos bloques diferentes:

- El 80% a proa, distribuido homogéneamente en una longitud de 0,02L, centrada a 0,035L a popa de la perpendicular de proa.
- El 20% a popa, distribuido homogéneamente en una longitud de 0,02L, centrada en la perpendicular de popa.

Nos queda por tanto:

ZONA	Peso (T)	Xcg (m)	Zcg (m)
Proa	60,57	111,94	13,67
Popa	15,14	0,00	13,67

4.2 PESO DEL EQUIPO DE NAVEGACIÓN

Se aconseja usar un valor de 2 Tm, sin embargo se va a utilizar un valor superior de 4 Tm ya que los equipos de navegación y comunicaciones van aumentando en importancia en el buque, incluso considerando que disminuye su peso específico.

La posición del centro de gravedad coincide con la del puente de gobierno.

Con todo ello tendremos:

$$P = 4 \text{ t.}$$

$$Zg = 27.6 \text{ m}$$

$$Xg = 11.38 \text{ m}$$



4.3 PESO DEL EQUIPO DE GOBIERNO

Para calcular el peso del equipo de gobierno usamos la fórmula propuesta en el libro “Desplazamiento. Peso en rosca y peso muerto”:

$$P = 0,0224 \cdot A \cdot V^{2/3} + 2$$

Siendo,

$$A = \text{área del timón} = 21.46 \text{ m}^2$$

$$V = \text{velocidad de pruebas del buque} = 18 \text{ nudos}$$

La posición del centro de gravedad se sitúa en la perpendicular de popa a la mitad del puntal.

Con todo ello tendremos:

$$P = 5.3 \text{ t}$$

$$Z_g = 6.1 \text{ m}$$

$$X_g = 0 \text{ m}$$

4.4 PESO DE LA HÉLICE DE MANIOBRA

El peso de la hélice de maniobra será el que tenemos por los datos facilitados por el fabricante.

$$P = 5.4 \text{ t}$$



El centro de gravedad será:

$$Z_g = 2.34 \text{ m}$$

$$X_g = 110.65 \text{ m}$$

4.5 PESO DEL EQUIPO DE SALVAMENTO

El peso del equipo de salvamento lo estimamos a partir de la siguiente fórmula:

$$P = 9.5 + (n-35) \cdot 0,1$$

Siendo n el valor mayor entre el número de personas a bordo y 35, por lo que en nuestro caso se toma un valor de $n = 35$.

Con todo ello tendremos:

$$P = 9.5 \text{ t.}$$

$$Z_g = 15.10 \text{ m}$$

$$X_g = 10.57 \text{ m}$$

4.6 PESO DEL EQUIPO CONTRA INCENDIOS

Para el cálculo del peso del equipo contra incendios en las bodegas y cámara de máquinas (CO₂) hemos utilizado la indicación del libro “Desplazamiento. Peso en rosca y peso muerto”. Hemos considerado que el volumen de la bodega mayor es superior al de la cámara de máquinas. Con estas consideraciones tendremos que:

$$PI = 0,0025 \cdot VBM + 1$$



Siendo,

$$VBM = \text{volumen de la mayor de las bodegas} = 4944.2 \text{ m}^3$$

El centro de gravedad se toma en el dentro del volumen de la cámara de máquinas.

Con todo ello tendremos:

$$P = 13.36 \text{ t.}$$

$$Z_g = 7.70 \text{ m}$$

$$X_g = 16.40 \text{ m}$$

4.7 PESO DEL EQUIPO DE ACONDICIONAMIENTO DE BODEGAS

El peso del equipo de acondicionamiento de cada bodega lo calculamos suponiendo dos conductos de impulsión y dos de extracción a partir de la fórmula del libro “Desplazamiento, Peso en rosca y peso muerto”:

$$P_i = 0,00015 \cdot V_i + 0,0031 \cdot D + V_i^{0.5}$$

Siendo,

$$V_i = \text{volumen en m}^3 \text{ de la bodega "i"}$$

$$D = \text{puntal del buque} = 12.2 \text{ m.}$$



Los pesos obtenidos están en la siguiente tabla, junto con la posición del centro de gravedad que hemos tomado en el centro geométrico de la bodega:

	Vol (m3)	Peso (T)	Xcg (m)	Zcg (m)
Bodega1	4916,00	3,39	36,78	6,77
Bodega2	4944,20	3,40	64,02	6,75
Bodega3	4306,90	3,13	90,39	7,16
Total		9,92	63,03	6,89

4.8 PESO DE LAS GUÍAS

Para el cálculo del peso de las guías, hemos tomado el de un buque base corregido por el número de contenedores:

Contenedores en bodegas del buque base 800 TEUS

Contenedores en bodegas de nuestro buque 650 TEUS

Peso de las guías del buque base 272,2 t

Peso de las guías de nuestro buque = $272.2 \cdot 650 / 800 = 221.16$ t

La abcisa del centro de gravedad estará situada aproximadamente en el centro geométrico de las bodegas y la ordenada a dos tercios de la altura máxima de contenedores ya que nuestras guías se extienden por encima del puntal.

$$P = 221.2 \text{ t}$$

$$Z_g = 15.67 \text{ m}$$

$$X_g = 64.06 \text{ m}$$

4.9 PESO DE RESPETOS

En este caso hemos tomado el valor de un buque similar ya que nos parece importante no despreciar esta partida.

El centro de gravedad lo corregimos con la relación de esloras y puntales.



$$P = 20.25 \text{ t}$$

$$Z_g = 6.92 \text{ m}$$

$$X_g = 66.36 \text{ m}$$

4.10 PESO DE ESCALERAS, PUERTAS, PORTILLOS Y VENTANAS

Para el cálculo del peso de estos elementos hemos utilizado las fórmulas propuestas en el libro “Desplazamiento. Peso en rosca y peso muerto”:

Registros y escalas verticales	$0,1 \cdot (NC + 1) + 0,23 \cdot (2 \cdot NHOL + N_{tan} + 2)$
Puertas de acero	$0,56 \cdot (NH + 1) + 0,28 \cdot NC$
Portillos y ventanas	$0,12 \cdot NT$
Escaleras exteriores	$0,8 \cdot NH + 0,6$
Barandillado	$0,245 \cdot (NH + 2)$

Siendo,

$$NT = \text{número de tripulantes} = 17$$

$$NC = \text{número de casetas de chigres} = 2$$

$$NHOL = \text{número de bodegas} = 3$$

$$N_{tan} = \text{número de tanques} = 67$$

$$NH = \text{número de cubiertas para alojamiento} = 4$$

Por tanto, aplicando estas fórmulas para nuestro buque, los pesos serán:

Registros y escalas verticales	17.98 t
Puertas de acero	3.92 t
Portillos y ventanas	2.04 t
Escaleras exteriores	3.80 t
Barandillado	1.47 t



Siendo el peso total:

$$P = 29.21 \text{ t}$$

Estando distribuido a lo largo de toda la eslora.

4.11 PESO DE LA PINTURA DEL BUQUE

Para calcular el peso de la pintura, tenemos que partir del peso del acero del buque y usar la fórmula del libro “Desplazamiento. Peso en rosca y peso muerto”:

$$P = 0,008 \cdot P \text{ acero}$$

Para la posición del centro de gravedad hemos tomado la del acero. Así pues, el valor obtenido es:

$$P = 22.13 \text{ t}$$

$$Z_g = 7.20 \text{ m}$$

$$X_g = 52.35 \text{ m}$$

4.12 PESO DE LA PROTECCIÓN CATÓDICA

El peso de la protección catódica lo calculamos como la suma de la protección de corrientes impresas y la protección de los ánodos de sacrificio, que en nuestro caso hemos considerado de zinc.

La fórmula que hemos aplicado es la propuesta por el libro “Desplazamiento. Peso en rosca y peso muerto”:

$$P = 0,0008 \cdot S_m$$



Siendo,

$$S_m = \text{superficie mojada del casco para } T = 7.4 \text{ m} = 3263.8 \text{ m}^2$$

Por lo que,

$$P = 2.61 \text{ t}$$

El centro de gravedad lo hemos situado en el centro geométrico de la carena.

$$Z_g = 3.97 \text{ m}$$

$$X_g = 57.52 \text{ m}$$

4.13 RESUMEN DEL PESO DE LOS EQUIPOS

En la siguiente tabla hemos desglosado los pesos y centros de gravedad calculados para obtener el peso y centro de gravedad global de los equipos:

Resumen	Peso (T)	Xcg (m)	Zcg (m)
Fondeo y amarre	75,71	89,55	13,67
Equipo de navegación	4,00	11,38	27,60
Equipo de gobierno	5,30	0,00	6,10
Hélice de maniobra	5,40	110,65	2,34
Equipo de salvamento	9,50	10,57	15,10
Equipo contraincendios	13,36	16,40	7,70
Acond. Bodegas	9,92	63,03	6,89
Guías	221,20	64,06	15,67
Respetos	20,25	66,36	6,92
Escaleras, puertas, etc	29,21	63,30	7,40
Pintura	22,13	52,35	7,20
Protección catódica	2,61	57,52	3,97
Total	418,59	64,60	13,13



5 PESO DE LA HABILITACION

El peso de la habilitación lo hemos estimado con la fórmula propuesta en el libro “Desplazamiento. Peso en rosca y peso muerto”:

$$P = 0.16 \cdot A$$

Siendo,

$$A = \text{área total de alojamientos que en nuestro caso es } A = 819.24 \text{ m}^2$$

La posición del centro de gravedad la hemos tomado en el centro geométrico de la superestructura:

$$P = 106.50 \text{ t}$$

$$Z_g = 19.06 \text{ m}$$

$$X_g = 12.22 \text{ m}$$

6 RESUMEN DEL PESO EN ROSCA

Se tomará un margen para el peso del 10% como margen de cálculo, en el que se incluyen todos aquellos elementos que no se han tenido en cuenta en el cálculo del rosca.

El resumen del peso en rosca se muestra en la tabla siguiente:

	Peso (T)	Lcg (m)	Zcg (m)
Acero	2765,93	52,35	7,20
Maquinaria	842,43	17,63	6,89
Equipo	418,59	64,60	13,13
Habilitación	106,5	12,2	19,1
Total + margen	4546,80	41,35	7,31



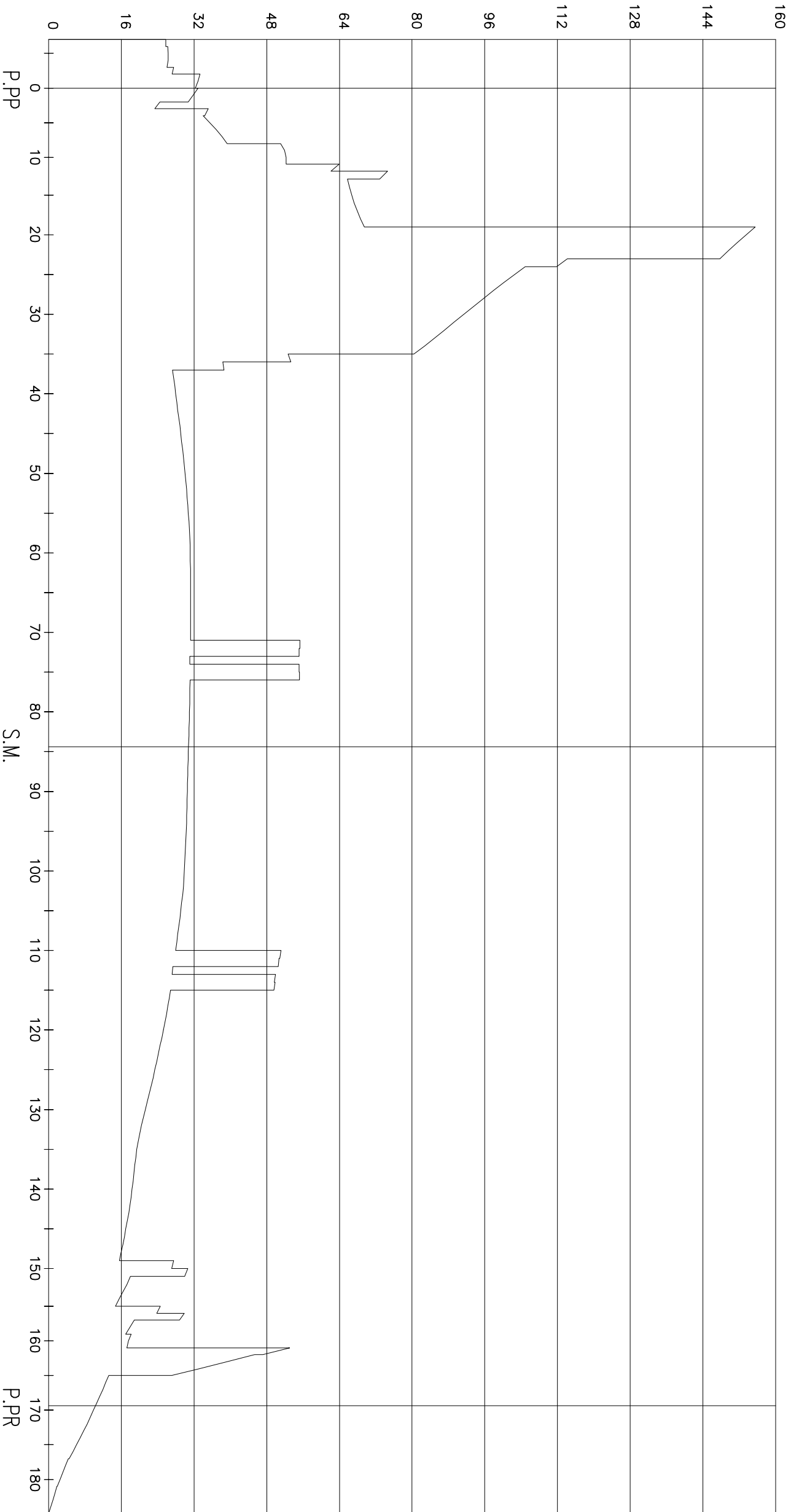
Una representación gráfica del mismo se puede encontrar en el anexo I que mostramos a continuación:

7 ANEXOS



ANEXO I

PESO EN ROSCA



ESCALAS

DISTRIBUCION DE PESOS 1 CM – 10.0 T/M PESO EN ROSCA TOTAL 4635.0 T

EJE DE ABSCISAS 1 CM – 4.0 M ABSCISA C. DE G. 14.408 M A SECC. MEDIA (+ A POPA)



INDICE:

1	INTRODUCCIÓN	3
2	DESCRIPCION DE LAS SITUACIONES DE CARGA	4
2.1	MÍNIMAS EXIGIDAS POR LOS REGLAMENTOS	4
2.2	LÍMITES DE NAVEGABILIDAD PARA LAS SITUACIONES DE CARGA ...	5
2.3	REQUERIMIENTOS PARA LAS SITUACIONES DE CARGA	6
2.4	PESOS COMUNES.	6
2.5	CONSUMOS.	6
3	ESTABILIDAD INTACTA	8
3.1	INTRODUCCIÓN	8
3.2	CRITERIOS DE ESTABILIDAD	8
4	RESISTENCIA LONGITUDINAL	10
5	ESTABILIDAD EN AVERIAS	11
5.1	INTRODUCCIÓN	11
5.2	ÍNDICE DE SUBDIVISIÓN PRESCRITO R	12
5.3	COMPARTIMENTACIÓN.	13
5.4	PERMEABILIDAD	14
5.5	ÍNDICE DE SUBDIVISIÓN OBTENIDO A.	14
6	ANÁLISIS DE LAS SITUACIONES DE CARGA	17
7	ANEXOS	17





1 INTRODUCCIÓN

En este cuaderno se presentará el análisis del comportamiento del buque ante diferentes situaciones de carga a las que, con cierta probabilidad, puede ser sometido un buque de sus características.

Vamos a analizar las condiciones del buque intacto así como un estudio previo de la resistencia longitudinal; además se va a comprobar la estabilidad del buque en averías.

En primer lugar definiremos las situaciones de carga que se van a analizar, éstas serán las mínimas exigidas por los reglamentos.

A continuación comprobaremos que cada una de las situaciones de carga definidas anteriormente, cumplen con los criterios de estabilidad del buque intacto.

En tercer lugar llevaremos a cabo un análisis de la resistencia longitudinal; para ello, estudiaremos los momentos flectores y las fuerzas cortantes a los que se verá sometido el buque. Aquí analizaremos las mismas situaciones de carga que utilizamos en el análisis de estabilidad.

Por último se presentará un resumen de los resultados obtenidos para cada situación de carga en cuanto a la estabilidad.

En cuanto a la estabilidad del buque en averías se utilizará el método probabilístico.

Los cálculos de estabilidad del buque intacto se realizarán con el programa Foran en su versión V50.



2 DESCRIPCION DE LAS SITUACIONES DE CARGA

2.1 MÍNIMAS EXIGIDAS POR LOS REGLAMENTOS

En este apartado se estudia el comportamiento del buque como estructura sometida a determinadas cargas tipo, tanto en lo que se refiere a la estabilidad como a la resistencia longitudinal.

Evidentemente las situaciones de carga que se van a producir a lo largo de la vida del buque son impredecibles, pero se analizan varias condiciones consideradas como las más exigentes. Además debemos estudiar unas situaciones de carga obligatorias recogidas en la resolución A.749 de la OMI:

- Buque en la condición de salida a plena carga, distribuida ésta de forma homogénea en todos los espacios de carga y con la totalidad de provisiones y combustibles.
- Buque en la condición de llegada a plena carga, distribuida ésta de forma homogénea en todos los espacios de carga y con el 10% de provisiones y combustibles.
- Buque en la condición de salida en lastre, sin carga, pero con la totalidad de provisiones y combustibles.
- Buque en la condición de llegada en lastre, sin carga, y con el 10% de provisiones y combustibles.



Ahora bien, como entre las condiciones de salida a puerto y llegada se va a variar la cantidad de lastre para reducir el trimado, se estudiarán dos condiciones de carga intermedias:

- Buque en la condición de salida a plena carga, distribuida ésta de forma homogénea en todos los espacios de carga con el 50% de los consumos.
- Buque en la condición de salida en lastre, distribuida ésta de forma homogénea en todos los espacios de carga con el 50% de los consumos.

2.2 LÍMITES DE NAVEGABILIDAD PARA LAS SITUACIONES DE CARGA

En todas las situaciones de carga descritas en el apartado anterior, consideraremos como límites los siguientes valores en cuanto al calado medio, trimado y calados de popa y proa.

- El calado medio siempre ha de ser inferior al calado de francobordo máximo del buque, es decir, 9.319 metros.
- El calado a popa ha de ser tal que asegure una inmersión adecuada de la hélice. Por ello se tomará como mínimo un 5% del diámetro del propulsor por encima del extremo de la pala de la hélice, es decir, 5.62 metros.
- El calado a proa debe ser superior a $0.025 \cdot L_{pp}$ por consideraciones estructurales, es decir, 2,9 metros.
- El trimado que presenta el barco será siempre por popa, y su valor máximo no excederá de 1,5% de la eslora entre perpendiculares, por lo que este trimado debe ser siempre inferior a 1.74 metros.



2.3 REQUERIMIENTOS PARA LAS SITUACIONES DE CARGA

Para todas estas situaciones de carga se tendrán en cuenta los siguientes requerimientos:

- Siempre que sea posible, los tanques que no se estén utilizando deberán estar completamente llenos o vacíos para minimizar el efecto de las superficies libres sobre el buque.
- Cualquier situación de carga debe soportar los efectos de superficies libres del máximo número de tanques que podrán estar mediados simultáneamente en dicha situación.
- Se adoptará un sistema de utilización secuencial de tanques para evitar que el trimado llegue a ser excesivo.

2.4 PESOS COMUNES.

En todas las situaciones de carga se considerarán un conjunto de pesos fijos, estos pesos serán el peso en rosca del buque, el peso de la tripulación y el peso de los cargos, pertrechos y víveres. Su desglose se presenta a continuación.

Resumen	Peso (T)	Xcg (m)	Zcg (m)
Peso en rosca	4635,01	43,59	7,44
Tripulación	1,96	10,35	19,06
Viveres 100%	4,00	14,32	13,20
Viveres 10%	0,40	14,32	13,20
Cargos y pertrechos	5,00	10,35	12,20
Elementos de estiba	20,00	58,00	16,87

2.5 CONSUMOS.

En esta partida se incluirán todos los consumibles del buque: tanques de F.O., D.O., aceites, agua, etc. Se van a considerar tres situaciones para los consumos, una de salida de puerto con una capacidad del 100%, otra con navegación con capacidad del 50% y otra de llegada con la capacidad reducida al 10%.



Se han calculado los centros de gravedad, capacidades y correcciones por superficies libres de estas masas que luego se aplicarán a los diferentes estados de carga; para mayor detalle consultar las salidas del módulo LOAD del programa FORAN para cada situación de carga.

LLENADO DE TANQUES

ID. Tanque	SALIDA	MEDIO RECORRIDO	LLEGADA
9A03	100	45	10
9A04	100	45	10
9A05	100	100	100
9A06	100	45	10
9A07	100	45	10
9A08	100	100	100
9B01	100	100	100
9B02	100	100	100
9B03	100	100	50
9B04	100	100	0
9B05	100	100	100
9B06	60	60	60
9B07	85	85	85
9B08	100	45	10
9B10	0	0	0
9B11	60	60	60
9B12	100	50	10
9B13	100	50	10
9B14	100	25	0
9B15	100	100	50
9B16	100	100	50
9B17	85	85	85
9B18	60	60	60
9C09	100	50	10
9C10	100	50	10
9D09	100	50	10
9D10	100	50	10



3 PERFIL DE VIENTO

Para el cálculo de la estabilidad, suponemos el peor de los casos relativos al efecto del viento sobre la superficie del buque. Este caso es cuando el buque lleva los 650 TEUS, ya que el área expuesta al viento será superior. Tomando este caso, nos aseguramos que, en caso que cumpla el criterio de estabilidad de para dicho caso, lo va a cumplir para cualquier caso, al ser este el más extremo. El perfil del viento se puede encontrar en el anexo III.

4 ESTABILIDAD INTACTA

4.1 INTRODUCCIÓN

En la condición de carga “en lastre”, en principio no va a haber problemas de estabilidad ya que el centro de gravedad se sitúa muy bajo. Por otro lado hay que prestar atención a la completa inmersión de la hélice y a los momentos flectores que produce el lastre en la estructura del barco. La distribución definitiva de los tanques de lastre y su llenado se han elegido para minimizar el momento flector.

4.2 CRITERIOS DE ESTABILIDAD

El apartado 3.1.2 de la Resolución A.749(18) establece los criterios generales que deben cumplir los buques de pasaje y de carga:

El área bajo la curva de brazos adrizantes (GZ) no será inferior a 0,055 mrad hasta un ángulo de escora de 30°, ni inferior a 0,09 mrad hasta un ángulo de escora de 40°, o hasta el ángulo límite de inundación si es inferior a 40°.

El área bajo la curva de brazos adrizantes entre 30° y 40°, o entre 30° y el ángulo límite si éste es inferior a 40°, no será inferior a 0,03 mrad.

El brazo adrizante GZ será como mínimo de 0,20 m para ángulos de escora igual o superiores a 30°.



El brazo adrizante máximo corresponderá a un ángulo de escora preferiblemente superior a 30° pero no inferior a 25° .

La altura metacéntrica inicial GM_0 no será inferior a 0,15 m.

Al estudiar un buque de más de 24 metros de eslora, habrá de demostrarse la aptitud del mismo para resistir los efectos combinados de viento transversal y del balance respecto a las condiciones normales de carga, teniendo que cumplir los criterios del OMI (A-562(14)):

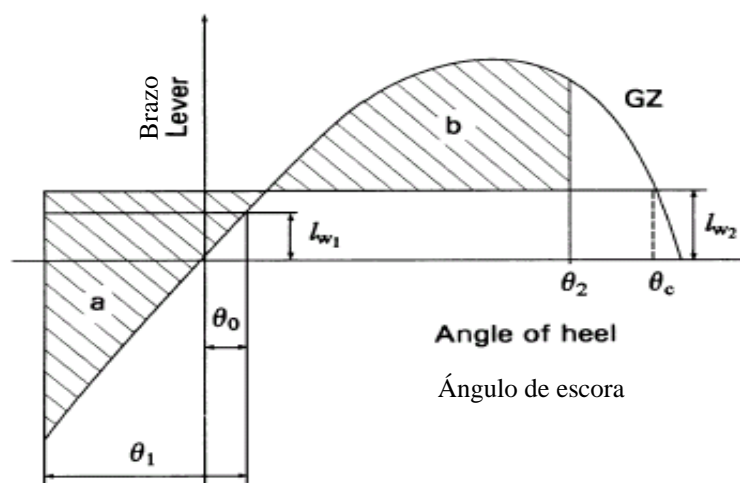
El proceso de cálculo, que demuestra la aptitud del buque para resistir los efectos combinados del viento de través y del balance respecto de cada condición de carga, es el siguiente:

Se somete al buque a la presión de un peso constante que actúe perpendicularmente al plano de crujía, lo que dará como resultado el correspondiente brazo escorante (lw_1).

Se supondrá que a partir del ángulo de equilibrio resultante (θ_s) el buque se balancea por la acción de las olas hasta alcanzar un ángulo de balance (θ_1) a barlovento.

A continuación se someterá al buque a la presión de una ráfaga de viento que dará como resultante el correspondiente brazo escorante (lw_2).

En estas condiciones el área b debe ser igual o superior al área a.





El cálculo de los brazos escorantes debido al viento constante y al racheado, serán constantes para todos los ángulos de inclinación y se calcularán de acuerdo con la Resolución de la forma siguiente:

$$lw_1 = \frac{p \cdot A \cdot Z}{\Delta}$$

$$lw_2 = 1,5 \cdot lw_1$$

Donde:

p : 0.0514 t/m²

A : Área proyectada por encima de la flotación en m²

Z : Distancia entre el centro de gravedad de A y $T/2$ en metros

Δ : Desplazamiento en toneladas

Los valores obtenidos mediante el módulo Load del programa Foran V50R2.0 para las diferentes condiciones de carga, se pueden encontrar en el ANEXO I, comprobándose que todas ellas cumplen con los criterios de estabilidad, así como con los límites de navegabilidad.

5 RESISTENCIA LONGITUDINAL

Cuando se realizó el cuadernillo 6, a la hora de definir los momentos flectores en quebranto en aguas tranquilas, éste es el valor mínimo que recomienda Bureau Veritas para un buque con los valores pedidos. Ahora bien, el criterio indica que se usará dicho



valor o el máximo de los valores obtenidos para las diferentes condiciones de carga en caso de conocerlas.

Pues bien, en los informes del ANEXO I, aparecen al final, los datos relativos a la resistencia longitudinal del buque; si tomamos el mayor de los momentos flectores y lo introducimos en el programa MARS 2000, observamos que con el escantillonado que hemos definido previamente, no aparecen zonas que no cumplan. Esto implica que para el peor de nuestros casos, el escantillonado es suficiente para soportar dichos momentos, por lo que llegamos a la conclusión que, la parte correspondiente a la resistencia longitudinal del buque, es válida.

6 ESTABILIDAD EN AVERIAS

6.1 INTRODUCCIÓN

Puesto que nuestro buque de proyecto tiene una eslora superior a 100 m, es aplicable el capítulo II-1, parte B-1, de la reglamentación SOLAS: “Compartimentado y estabilidad con averías de los buques de carga”.

El cálculo se basa en un método probabilístico, tomándose como parámetro de seguridad la probabilidad de conservación de la flotación en caso de abordaje, lo que se mide con el “índice de subdivisión obtenido A”. Así dos buques distintos con igual índice de subdivisión deben tener el mismo grado de seguridad.

A fin de desarrollar el concepto probabilista de compartimentado se supone que el buque ha sufrido una avería. Dado que la localización y tamaño de la avería son datos aleatorios, no es posible establecer que parte del buque se va a inundar. Sin embargo la probabilidad de inundación de un espacio puede determinarse si se conoce la probabilidad de que se produzcan ciertas averías. La probabilidad de que se inunde un espacio es igual a la probabilidad de que se produzcan las averías que ocasionarían una abertura en el espacio considerado.



A parte de ciertas características invariables del buque, en el caso de inundación de un espacio determinado, hay varios factores que influyen en la capacidad de éste para resistir una inundación. Entre estos factores destacan el valor inicial del calado y altura KG, la permeabilidad del espacio inundado y las condiciones del tiempo. Aunque todo lo anterior es aleatorio en el momento en que el buque resulta dañado, siempre que se conozcan las combinaciones limitativas de las anteriores variables y la probabilidad de que ocurran podrá determinarse la probabilidad de que el buque con ese espacio determinado inundado no se hunda.

La probabilidad de conservación de la flotabilidad se determina mediante la fórmula de la probabilidad total, y es la suma de los productos, para cada compartimento o grupo de compartimentos, de la probabilidad de que un espacio se inunde multiplicada por la probabilidad de que el buque no se hunda con el espacio considerado inundado.

Para un determinado compartimentado, la estabilidad del buque en averías será satisfactoria si el índice de subdivisión obtenido, A, es mayor que el índice de subdivisión prescrito, R.

6.2 ÍNDICE DE SUBDIVISIÓN PRESCRITO R.

El índice de subdivisión tiene por objeto proporcionar una norma mínima de compartimentado aplicable a los buques.

El grado de compartimentación necesario queda determinado por el índice de subdivisión prescrito R, definido como:

$$R = (0,002 + 0,0009 \cdot L_s)^{1/3}$$

Siendo L_s la eslora de compartimentado del buque en metros = 125.007 m

Así pues el valor del índice de subdivisión prescrito será:



$$R = 0.4856$$

6.3 COMPARTIMENTACIÓN.

Para el cálculo del índice de subdivisión obtenido, A, se tendrán en cuenta los siguientes compartimentos y grupos delimitados longitudinalmente como muestra el siguiente cuadro:

COMPARTIMENTO	ZONA	ESPACIOS
A000	160-164	8F03
A001	156-PROA	9F01 8F04
A002	114-156 L	9E02 9E04 9E06 9E08
A003	114-156 C	8E01 9E10
A004	75-114 L	9D02 9D04 9D06 9D08
A005	75-114 C	8D01 9D10
A006	36-75 L	9C02 9C04 9C06 9C08
A007	36-75 C	8C01 9C10
A008	12-36 A	8B01
A009	POPA-12	8A08 9A02

GRUPO	COMPARTIMENTOS
001	A000 A001
002	A002 A003
003	A004 A005
004	A006 A007
005	A001 A002 A003
006	A002 A003 A004 A005
007	A004 A005 A006 A007
008	A006 A007 A008
009	A008 A009

Para ello hemos elegido aquellos espacios definidos en la banda de babor.



6.4 PERMEABILIDAD.

A efectos de los cálculos de compartimentado y estabilidad con avería, la permeabilidad de cada uno de los espacios o parte de los mismos tendrá los valores que se indican a continuación:

ESPACIOS	PERMEABILIDAD
Destinados a provisiones	0.60
Ocupados como alojamientos	0.95
Ocupados por maquinaria	0.85
Espacios perdidos	0.95
Destinados a carga seca	0.70
Destinados a líquidos	0 ó 0.95*

* De estos valores, el que imponga requisitos más rigurosos.

6.5 ÍNDICE DE SUBDIVISIÓN OBTENIDO A.

El índice de subdivisión mide el compartimentado del buque, según la división en zonas mediante mamparos estancos, con unas determinadas características de estanqueidad y resistencia estructural.

La posible contribución al índice A de cualquiera de los casos de avería expuestos anteriormente, se calcula como el producto de tres factores de probabilidad “ p_i ”, “ v_i ” y “ s_i ”.

- “ i ” representa cada uno de los compartimentos o grupos de compartimentos considerados.
- “ p_i ” valora la probabilidad de que sólo se inunde el compartimento o grupo de compartimentos considerados, sin tener en cuenta la subdivisión horizontal que pueda existir.



- “ s_i ” mide la probabilidad de que el buque soporte, sin hundirse ni dar la vuelta, la inundación del compartimento o grupo de compartimentos que se trate.
- “ v_i ” permite incluir los efectos de la subdivisión horizontal que pueda existir.

Para que un buque se considere seguro en términos probabilísticos, no es necesario que soporte todos los casos de averías estudiados, sino que basta que resista un número de ellos tal que, por adición de sus respectivos productos de probabilidad “ $\sum p_i s_i v_i$ ”, se alcance un valor del índice A igual o superior al índice requerido R. El cálculo de A se realiza para una situación de quilla a nivel. Tenemos, por tanto:

$$A = \sum p_i \cdot s_i \cdot v_i$$

Debiendo verificarse $A \geq R$

Para calcular A se escogen la condición de máxima carga (LC01) y la de lastre al 50% de carga, según se indica en el reglamento. La sumatoria indicada en la fórmula precedente se aplicará a lo largo de la eslora del buque para todos los casos de inundación en que se vean afectados uno, dos o más compartimentos.

El cálculo de la probabilidad de que se produzca una avería que suponga la inundación del compartimento i-ésimo se realiza a partir de un coeficiente adimensional ($y = J/J_{\max}$) que representa la longitud adimensional del compartimento (J) respecto a la longitud máxima de la avería considerada (J_{\max}), y de otro que representa su posición relativa a lo largo de la eslora (E).

Se definen después las funciones de probabilidad y de distribución de probabilidad para la primera variable:

$$a = 1.2 + 0.8 \cdot E$$

$$F = 0.4 + 0.25 \cdot E \cdot (1.2 + a)$$



Mientras que para la segunda variable se considera una distribución binomial de la forma:

$$p = F_1 \cdot J_{\max}$$

$$q = 0.4 \cdot F_2 \cdot (J_{\max})^2$$

Siendo F_1 y F_2 funciones dependientes de $y = J/J_{\max}$.

En caso de utilizarse grupos de compartimentos, se restará la probabilidad de que se produzca la inundación del grupo entero, menos la probabilidad de que se produzca la inundación de sólo alguno de los compartimentos individuales que componen el grupo.

Por otro lado, el factor “ s_i ” depende de la condición de carga considerada, es función, por un lado del brazo adrizante positivo máximo (en metros), y por otro lado del ángulo de escora de equilibrio definitivo.

Este valor se corrige mediante el calado, y también depende del compartimentado horizontal.

El cálculo del índice de subdivisión obtenido, A , se ha realizado con ayuda del módulo F.6/4P de Foran V50R2.0, que aplica las fórmulas que se definen en la parte B-1 Capítulo II-1 de SOLAS, con los valores del calado y altura KG, compartimentado y permeabilidad indicados en los apartados anteriores. Las averías supuestas no se limitan en altura, sino que el programa ya supone que son infinitas en altura. Los valores para los diferentes tipos de averías se muestran en el ANEXO II.

Como se puede comprobar en dicho anexo, el valor de A es superior al de R , por lo que se demuestra así que nuestro buque tiene una compartimentación adecuada y cumple con suficiencia este criterio referente a la estabilidad del buque.



7 ANALISIS DE LAS SITUACIONES DE CARGA

Una vez definidas las condiciones de carga, se pueden evaluar las condiciones del buque para el transporte de la misma. Se comprueba que todas las condiciones cumplen los criterios impuestos de estabilidad, siendo el valor del método probabilístico bastante sobrado debido a la alta compartimentación del buque. Esto podría llevarnos a pensar que se ha sobredimensionado la estructura, pero el Bureau Veritas tan solo nos indica los valores de diseño mínimos, y además, no se han evaluado las infinitas situaciones de carga que la embarcación puede tener a lo largo de su ciclo de vida.

8 ANEXOS



ANEXO I

CONDICIONES DE CARGA. ESTABILIDAD BUQUE INTACTO



Proyecto 1624 PORTACONTENEDORES 650 TEU'S
Cuaderno 9: SITUACIONES DE CARGA Y RESISTENCIA LONGITUDINAL

1

S.A. FECHA - 11.07.28 HORA - 14.03.50

S I S T E M A F O R A N
=====

MODULO LOAD VERSION 50

SITUACIONES DE CARGA

CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2
1 SISTEMA FORAN MODULO LOAD VERSION 50 DATOS PAG. 001
----- FECHA - 11.07.28
CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

DATOS DE CABECERA

SWITCH 10 EN POSICION -ON-.

1 SISTEMA FORAN MODULO LOAD VERSION 50 DATOS PAG. 002
----- FECHA - 11.07.28
CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2
Situacion de carga "LC01" 100 CONS CARGA



OPCIONES SELECCIONADAS

 Calculo estandar
 Buque en aguas tranquilas
 Peso especifico del agua de mar : 1.025 T/M3.
 Descuento por gases : 2.0 %
 Espesor de la plancha de quilla : 13 MM
 Altura metacentrica calculada para la flotacion isocarena sin asiento
 Abscisas referidas a la perpendicular de popa
 Abscisa marca calado(Ppp): 0.00 M. Abscisa marca calado(Ppr): 116.00 M.
 No se utilizan las caract. de las secciones del buque (calculo directo)

OPCIONES DE ESTABILIDAD

 Angulos escora: -0.00 10.00 20.00 30.00 40.00 60.00 80.00
 Criterio de estabilidad IMO seleccionado
 Criterio de IMO de viento Area quilla de balance = 0.00 M2
 Valores KN calculados con trimado fijo
 Correccion por superficies libres por momentos escorantes reales
 Correccion por superficies libres sin considerar escora y trimado

OPCIONES DE RESISTENCIA LONGITUDINAL

 No se dibuja resistencia longitudinal

1
 SISTEMA FORAN MODULO LOAD VERSION 50 DATOS PAG. 003
 ----- FECHA - 11.07.28
 CLIENTE - ETSIN FNAME
 DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

Situacion de carga "LC01" 100 CONS CARGA

Cargas en compartimentos

----- datos usuario ----- CCCCCCCCCC valores calculados CCCCCCCCCC
 IDSP PF DN WT CN I G PF DN WT CN DESCRIPCION

 9A03 100.0 N D 100.00 1.000 58.1 6 AGUA DULCE SANITARIA
 9A04 100.0 N D 100.00 1.000 58.1 6 AGUA DULCE INDUSTRIAL
 9A05 100.0 N D 100.00 1.000 15.8 6 AGUA ALIMENTAC. CALDERAS
 9A06 100.0 N D 100.00 1.000 0.6 6 HIDROFORO AGUA FRIA
 9A07 100.0 N D 100.00 1.000 0.6 6 HIDROFORO AGUA CALIENTE
 9A08 100.0 N D 98.00 0.900 1.7 5 ACEITE DE BOCINA
 9B01 100.0 N D 98.00 0.900 16.7 5 ALMACEN ACEITE CAMISAS 1
 9B02 100.0 N D 98.00 0.900 17.6 5 ALMACEN ACEITE CAMISAS 2
 9B03 100.0 N D 98.00 0.850 11.2 4 SERVICIO DIARIO DO
 9B04 100.0 N D 98.00 0.850 11.6 4 SEDIMENTACION DO
 9B05 100.0 N D 98.00 0.920 46.9 3 SERVICIO DIARIO FO
 9B06 60.0 N D 60.00 0.920 6.6 3 REBOSES FO
 9B07 85.0 N D 85.00 0.900 14.1 5 SERVICIO ACEITE MOTOR
 9B08 100.0 N D 100.00 1.000 1.0 6 EXPANSION
 9B11 60.0 N D 60.00 1.000 8.9 7 LODOS
 9B12 100.0 N D 98.00 0.900 4.8 5 ALMACEN ACEITE MOTOR N1
 9B13 100.0 N D 98.00 0.900 4.8 5 ALMACEN ACEITE MOTOR N2
 9B14 100.0 N D 98.00 0.850 25.7 4 ALMACEN DO
 9B16 100.0 N D 98.00 0.920 23.7 3 SEDIMENTACION FO N2
 9B17 85.0 N D 85.00 0.900 1.1 5 SERVICIO ACEITE CAMISAS
 9B18 60.0 N D 60.00 1.000 4.9 7 AGUAS ACEITOSAS
 9C09 100.0 N D 98.00 0.920 182.0 3 COFF 72-75 E
 9C10 100.0 N D 98.00 0.920 182.0 3 COFF 72-75 B
 9D09 100.0 N D 98.00 0.920 181.8 3 COFF 111-114 E
 9D10 100.0 N D 98.00 0.920 181.8 3 COFF 111-114 B
 9E01 50.0 N D 50.00 1.025 37.0 1 DF 114-132 E
 9E02 50.0 N D 50.00 1.025 37.0 1 DF 114-132 B
 9E06 61.4 N D 61.40 1.025 254.4 1 LAT 114-132 B
 9E07 100.0 N D 100.00 1.025 403.1 1 LAT 132-156 E
 9E08 100.0 N D 100.00 1.025 403.1 1 LAT 132-156 B

Otras cargas

 NL DESCRIPCION PESO ZCG DFR DFR XCG YCG
 TM S/B M AFR M FFR M A/AFR M M CN

 1 TRIPULACION 2.0 19.060 8 0.000 23 0.000 5.470 -0.00 0



2	PERTRECHOS	5.0	12.200	8	0.000	23	0.000	5.470	-0.00	0
3	ESTIBA	20.0	16.870	-8	0.000	186	0.000	62.880	-0.00	0
4	VIVERES	4.0	13.200	21	0.000	23	0.000	0.700	-0.00	0

1

SISTEMA FORAN MODULO LOAD VERSION 50 DATOS PAG. 004

CLIENTE - ETSIN FECHA - 11.07.28
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU FNAME
tes2

Situacion de carga "LC01" 100 CONS CARGA
Cargas modulares

NL	TP	PESO		XPOS		YPOS		ZPOS				TOTAL		ZCG		DESCRIPCION
		TM	PP	M	M	M	NX	NY	NZ	TM	M	TM	M	CN		
1	1	13.0	24.12	--SM--	1.38	1	3	1	39.0	2.67	0	B1				
2	1	13.0	30.42	--SM--	1.38	3	5	1	195.0	2.67	0	B1				
3	1	13.0	24.12	--SM--	3.97	2	5	1	130.0	5.26	0	B1				
4	1	13.0	36.72	--SM--	3.97	2	7	1	182.0	5.26	0	B1				
5	1	13.0	24.12	--SM--	6.56	1	5	1	65.0	7.85	0	B1				
6	1	13.0	24.12	--SM--	9.16	4	7	3	1092.0	13.06	0	B1				
7	1	13.0	17.84	--SM--	12.23	1	7	2	182.0	14.82	0	CUB				
8	1	13.0	51.42	--SM--	1.38	2	7	6	1092.0	9.20	0	B2				
9	1	13.0	78.72	--SM--	17.03	1	2	1	26.0	18.32	0	B3				
10	1	13.0	64.02	--SM--	1.38	2	5	1	130.0	2.67	0	B2				
11	1	13.0	64.02	--SM--	3.97	1	7	1	91.0	5.26	0	B2				
12	1	13.0	70.32	--SM--	3.97	1	5	1	65.0	5.26	0	B2				
13	1	13.0	64.02	--SM--	6.56	2	7	4	728.0	11.77	0	B2				
14	1	13.0	78.72	--SM--	1.38	2	3	1	78.0	2.67	0	B3				
15	1	13.0	91.32	--SM--	1.38	1	1	1	13.0	2.67	0	B3				
16	1	13.0	78.72	--SM--	3.97	1	5	1	65.0	5.26	0	B3				
17	1	13.0	85.02	--SM--	3.97	1	3	1	39.0	5.26	0	B3				
18	1	13.0	91.32	--SM--	3.97	1	3	2	78.0	6.57	0	B3				
19	1	13.0	97.62	--SM--	3.97	1	1	2	26.0	6.57	0	B3				
20	1	13.0	78.72	--SM--	6.56	2	5	1	130.0	7.85	0	B3				
21	1	13.0	78.72	--SM--	9.20	1	7	1	91.0	10.49	0	B3				
22	1	13.0	85.02	--SM--	9.20	2	5	1	130.0	10.49	0	B3				
23	1	13.0	97.62	--SM--	9.20	1	3	1	39.0	10.49	0	B3				
24	1	13.0	78.72	--SM--	11.79	3	7	1	273.0	13.08	0	B3				
25	1	13.0	97.62	--SM--	11.79	1	5	1	65.0	13.08	0	B3				
26	1	13.0	78.72	--SM--	14.38	4	7	1	364.0	15.67	0	B3				
27	1	13.0	51.42	--SM--	17.03	4	7	1	364.0	18.32	0					

1

SISTEMA FORAN MODULO LOAD VERSION 50 RESULTADOS PAG. 005

CLIENTE - ETSIN FECHA - 11.07.28
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU FNAME
tes2

Situacion de carga "LC01" 100 CONS CARGA

IDSP	DESCRIP.	WT TONS.	Z.C.G. M	X.C.G. M	INER. M4
PESO EN ROSCA		4546.8	8.044	42.224	
9A03	AGUA DULCE SANITARIA	58.1	10.719	5.073	
9A04	AGUA DULCE INDUSTRIAL	58.1	10.719	5.073	
9A05	AGUA ALIMENTAC. CALDERAS	15.8	10.773	1.774	
9A06	HIDROFORO AGUA FRIA	0.6	9.512	1.380	
9A07	HIDROFORO AGUA CALIENTE	0.6	9.512	3.309	
9A08	ACEITE DE BOCINA	1.7	8.200	6.820	
9B01	ALMACEN ACEITE CAMISAS 1	16.7	9.743	13.474	
9B02	ALMACEN ACEITE CAMISAS 2	17.6	9.617	14.874	
9B03	SERVICIO DIARIO DO	11.2	7.397	17.083	
9B04	SEDIMENTACION DO	11.6	7.188	18.659	
9B05	SERVICIO DIARIO FO	46.9	7.078	21.831	
9B06	REBOSES FO	6.6	0.459	22.437	7.8
9B07	SERVICIO ACEITE MOTOR	14.1	1.012	18.045	40.6
9B08	EXPANSION	1.0	0.771	10.260	
9B11	LODOS	8.9	0.530	22.231	13.5
9B12	ALMACEN ACEITE MOTOR N1	4.8	10.712	7.810	
9B13	ALMACEN ACEITE MOTOR N2	4.8	10.708	8.810	
9B14	ALMACEN DO	25.7	10.800	17.520	
9B16	SEDIMENTACION FO N2	23.7	10.800	22.910	
9B17	SERVICIO ACEITE CAMISAS	1.1	9.837	15.030	0.1



9B18 AGUAS ACEITOSAS	4.9	0.397	9.542	1.2
9C09 COFF 72-75 E	182.0	6.750	50.370	
9C10 COFF 72-75 B	182.0	6.750	50.370	
9D09 COFF 111-114 E	181.8	6.755	77.670	
9D10 COFF 111-114 B	181.8	6.755	77.670	
9E01 DF 114-132 E	37.0	0.400	84.148	142.7
9E02 DF 114-132 B	37.0	0.400	84.148	142.7
9E06 LAT 114-132 B	254.4	3.915	84.839	44.1
9E07 LAT 132-156 E	403.1	5.470	97.489	
9E08 LAT 132-156 B	403.1	5.470	97.489	
TRIPULACION	2.0	19.060	10.350	
PERTRECHOS	5.0	12.200	10.350	
ESTIBA	20.0	16.870	58.000	
VIVERES	4.0	13.200	14.320	
B1	39.0	2.673	27.147	
B1	195.0	2.673	39.610	
B1	130.0	5.263	30.229	
B1	182.0	5.263	42.829	
B1	65.0	7.853	27.147	
B1	1092.0	13.064	36.392	
CUB	182.0	14.824	20.867	
B2	1092.0	9.200	57.528	
B3	26.0	18.323	81.747	
B2	130.0	2.673	70.128	
B2	91.0	5.263	67.047	
B2	65.0	5.263	73.347	
B2	728.0	11.769	70.128	

1

SISTEMA FORAN MODULO LOAD VERSION 50 RESULTADOS PAG. 006
----- FECHA - 11.07.28
CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

Situacion de carga "LC01" 100 CONS CARGA

IDSP	DESCRIP.	WT TONS.	Z.C.G. M	X.C.G. M	INER. M4
	B3	78.0	2.673	84.828	
	B3	13.0	2.673	94.347	
	B3	65.0	5.263	81.747	
	B3	39.0	5.263	88.047	
	B3	78.0	6.569	94.347	
	B3	26.0	6.569	100.647	
	B3	130.0	7.853	84.828	
	B3	91.0	10.493	81.747	
	B3	130.0	10.493	91.128	
	B3	39.0	10.493	100.647	
	B3	273.0	13.083	87.910	
	B3	65.0	13.083	100.647	
	B3	364.0	15.673	90.992	
		364.0	18.323	63.691	
	DESPLAZAMIENTO	12546.7	8.957	55.792	
	C.G. S/BASE (CORREGIDO SUP. LIBRE)		8.988		

Abscisas referidas a la perpendicular de popa

1

SISTEMA FORAN MODULO LOAD VERSION 50 RESULTADOS PAG. 007
----- FECHA - 11.07.28
CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2



Situacion de carga "LC01" 100 CONS CARGA

CONTENIDO	PESO	CENTRO DE GRAVEDAD	TM. S/BASE M. A PPP M.
AGUA DE LASTRE	1134.6	4.791	93.782
COMBUSTIBLE PESADO	805.0	6.839	60.000
COMBUSTIBLE LIGERO	48.5	9.149	17.692
ACEITE LUBRICANTE	60.8	7.792	13.967
AGUA DULCE	134.2	10.640	4.698
AGUA DE CALDERAS	13.8	0.483	17.734
OTRAS CARGAS	5803.0	10.772	60.441
PESO MUERTO	7999.9	9.476	63.504
PESO EN ROSCA	4546.8	8.044	42.224
DESPLAZAMIENTO	12546.7	8.957	55.792

1

SISTEMA FORAN MODULO LOAD VERSION 50 RESULTADOS PAG. 008
FECHA - 11.07.28
CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

Situacion de carga "LC01" 100 CONS CARGA

FLOTACION DE EQUILIBRIO

=====

CALADOS (TRAZADO)	PERPENDICULAR DE POPA =	7.998 M
	PERPENDICULAR DE PROA =	6.506 M
	MEDIO =	7.252 M
	ASIENTO (POPA) =	1.492 M
CALADOS (EN LAS MARCAS)	POPA =	8.011 M
(REFERIDOS AL FONDO DEL CASCO)	PROA =	6.519 M
CALADOS (EN LAS MARCAS)	POPA =	7.998 M
(REFERIDOS A LA LINEA BASE)	PROA =	6.506 M
MOMENTO PARA CAMBIAR EL TRIMADO 1 CM	MCT =	164.4 T
CENTRO DE GRAVEDAD (P.P.) LCG =	55.792 M	KG = 8.957 M
CENTRO DE CARENA (P.P.) LCB =	55.728 M	KB = 3.926 M
CENTRO DE FLOTACION (P.P.) LCF =	53.256 M	

FLOTACION ISOCARENA SIN ASIENTO

=====

CALADO (DE TRAZADO) =	7.298 M
ALTURA METACENTRICA	GM = 0.183 M
ALTURA METACENTRICA CORREGIDA	GMC = 0.152 M
METACENTRO TRANSVERSAL	KM = 9.140 M

CURVAS DE ESTABILIDAD

=====

ANG (DEG)	KN (M)	GZ (M)	DN MM*RADIAN
-0.00	0.000	0.000	0.00
10.00	1.640	0.077	5.57
20.00	3.310	0.235	31.56
30.00	4.973	0.478	95.26
40.00	6.203	0.425	178.11
60.00	7.349	-0.445	193.81
80.00	7.260	-1.614	-156.87

1

SISTEMA FORAN MODULO LOAD VERSION 50 RESULTADOS PAG. 009
FECHA - 11.07.28
CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2



***** CRITERIO DE IMO *****

SE CUMPLE EL CRITERIO DE IMO

Item	Valor Real	Valor Limite
MAXIMO BRAZO ADRIZANTE = 0.492 M. A =	33.0 GR.	25.0 GR. OK
MAXIMO GZ ENTRE 30.0 GR. - 45.6 GR. =	0.492 M.	0.200 M. OK
ESTAB. DINAMICA ENTRE 0.0 GR. - 30.0 GR. =	95.3 MM*RAD	55.0 MM*RAD OK
ESTAB. DINAMICA ENTRE 0.0 GR. - 40.0 GR. =	178.1 MM*RAD	90.0 MM*RAD OK
ESTAB. DINAMICA ENTRE 30.0 GR. - 40.0 GR. =	82.8 MM*RAD	30.0 MM*RAD OK
GM - ALTURA METACENTRICA CORREGIDA =	0.2 M.	0.150 M. OK

SE CUMPLE EL CRITERIO DE VIENTO DE IMO

AREA B =	7.744 GR*M	MAYOR QUE	AREA A =	1.874 GR*M
ANGULO DE ESCORA =	10.09 GR	ANGULO DE BALANCE =	17.05 GR	
ANGULO LIMITE =	45.57 GR	BRAZO VIENTO CONSTANTE =	0.078 M	
AREA EXPUESTA AL VIENTO =	1709.35 M2	ALTURA C. DE GRAVEDAD	14.821 M	

1

SISTEMA FORAN	MODULO LOAD	VERSION 50	RESULTADOS	PAG. 010
				FECHA - 11.07.28
CLIENTE	- ETSIN			FNAM
DESCRIPCION DEL BUQUE	- PORTA-CONTENEDORES 650 TEU			tes2

SITUACION DE LOS PUNTOS DE REFERENCIA, INUNDACION Y ABERTURAS

Puntos de Referencia :

Descripcion	Nfr	Dfr(m)	Hp(m.)	Ndk	yp(m.)	D.W(m)	AngI
COSTADO BABOR	-99	8.370	15.070	base	7.500	7.179	45.6

Aberturas no protegidas (Tipo FLUS) :

Descripcion	Nfr	Dfr(m)	Hp(m.)	Ndk	yp(m.)	D.W(m)	AngI
COSTADO ESTIBOR	-99	8.370	15.070	base	-7.500	7.179	-45.6

ABERTURA DE INUNDACION PROGRESIVA

DESCRIPCION	ANGULO (GRADOS)
COSTADO ESTIBOR	-45.6

1

SISTEMA FORAN	MODULO LOAD	VERSION 50	RESULTADOS	PAG. 011
				FECHA - 11.07.28
CLIENTE	- ETSIN			FNAM
DESCRIPCION DEL BUQUE	- PORTA-CONTENEDORES 650 TEU			tes2

RESISTENCIA LONGITUDINAL

=====

Situacion de carga "LC01" 100 CONS CARGA

	VALOR (-ARRUFO/+QUEBRANTO)	CNA. NUMERO	ABSCISA A PERP. POPA
ESFUERZO CORTANTE MAXIMO POSITIVO	1044.37 T.	35.000	23.420 M.
ESFUERZO CORTANTE MAXIMO NEGATIVO	-810.76 T.	111.000	76.620 M.
MOMENTO FLECTOR MAXIMO POSITIVO	26678.91 TxM	65.000	44.420 M.
MOMENTO FLECTOR MAXIMO NEGATIVO	0.00 TxM	0.000	0.000 M.

1

SISTEMA FORAN	MODULO LOAD	VERSION 50	RESULTADOS	PAG. 012
				FECHA - 11.07.28
CLIENTE	- ETSIN			FNAM
DESCRIPCION DEL BUQUE	- PORTA-CONTENEDORES 650 TEU			tes2

Situacion de carga "LC02" 50 CONS CARGA

OPCIONES SELECCIONADAS



Calculo estandar

Buque en aguas tranquilas

Peso especifico del agua de mar : 1.025 T/M3.

Descuento por gases : 2.0 %

Espesor de la plancha de quilla : 13 MM

Altura metacentrica calculada para la flotacion isocarena sin asiento

Abscisas referidas a la perpendicular de popa

Abscisa marca calado(Ppp): 0.00 M. Abscisa marca calado(Ppr): 116.00 M.

No se utilizan las caract. de las secciones del buque (calculo directo)

OPCIONES DE ESTABILIDAD

Angulos escora: -0.00 10.00 20.00 30.00 40.00 60.00 80.00

Criterio de estabilidad IMO seleccionado

Criterio de IMO de viento Area quilla de balance = 0.00 M2

Valores KN calculados con trimado fijo

Correccion por superficies libres por momentos escorantes reales

Correccion por superficies libres sin considerar escora y trimado

OPCIONES DE RESISTENCIA LONGITUDINAL

No se dibuja resistencia longitudinal

1

SISTEMA FORAN MODULO LOAD VERSION 50 RESULTADOS PAG. 013

FECHA - 11.07.28

CLIENTE - ETSIN

FNAM

DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU

tes2

Situacion de carga "LC02" 50 CONS CARGA

Cargas en compartimentos

datos usuario				CCCCCCCCC				valores calculados				CCCCCCCCC
IDSP	PF	DN	WT	CN	I	G	PF	DN	WT	CN	DESCRIPCION	
9A03	45.0				N	D	45.00	1.000	26.1	6	AGUA DULCE SANITARIA	
9A04	45.0				N	D	45.00	1.000	26.1	6	AGUA DULCE INDUSTRIAL	
9A05	100.0				N	D	100.00	1.000	15.8	6	AGUA ALIMENTAC. CALDERAS	
9A06	45.0				N	D	45.00	1.000	0.3	6	HIDROFORO AGUA FRIA	
9A07	45.0				N	D	45.00	1.000	0.3	6	HIDROFORO AGUA CALIENTE	
9A08	100.0				N	D	98.00	0.900	1.7	5	ACEITE DE BOCINA	
9B01	100.0				N	D	98.00	0.900	16.7	5	ALMACEN ACEITE CAMISAS 1	
9B02	100.0				N	D	98.00	0.900	17.6	5	ALMACEN ACEITE CAMISAS 2	
9B03	100.0				N	D	98.00	0.850	11.2	4	SERVICIO DIARIO DO	
9B04	100.0				N	D	98.00	0.850	11.6	4	SEDIMENTACION DO	
9B05	100.0				N	D	98.00	0.920	46.9	3	SERVICIO DIARIO FO	
9B06	60.0				N	D	60.00	0.920	6.6	3	REBOSES FO	
9B07	85.0				N	D	85.00	0.900	14.1	5	SERVICIO ACEITE MOTOR	
9B08	45.0				N	D	45.00	1.000	0.4	6	EXPANSION	
9B11	60.0				N	D	60.00	1.000	8.9	7	LODOS	
9B12	50.0				N	D	50.00	0.900	2.4	5	ALMACEN ACEITE MOTOR N1	
9B13	50.0				N	D	50.00	0.900	2.4	5	ALMACEN ACEITE MOTOR N2	
9B14	25.0				N	D	25.00	0.850	6.6	4	ALMACEN DO	
9B16	100.0				N	D	98.00	0.920	23.7	3	SEDIMENTACION FO N2	
9B17	85.0				N	D	85.00	0.900	1.1	5	SERVICIO ACEITE CAMISAS	
9B18	60.0				N	D	60.00	1.000	4.9	7	AGUAS ACEITOSAS	
9C09	50.0				N	D	50.00	0.920	92.9	3	COFF 72-75 E	
9C10	50.0				N	D	50.00	0.920	92.9	3	COFF 72-75 B	
9D03	100.0				N	D	100.00	1.025	144.5	1	DF 93-114 E	
9D04	100.0				N	D	100.00	1.025	144.5	1	DF 93-114 B	
9D09	50.0				N	D	50.00	0.920	92.8	3	COFF 111-114 E	
9D10	50.0				N	D	50.00	0.920	92.8	3	COFF 111-114 B	
9E06	100.0				N	D	100.00	1.025	414.4	1	LAT 114-132 B	
9E07	100.0				N	D	100.00	1.025	403.1	1	LAT 132-156 E	
9E09	100.0				N	D	100.00	1.025	208.2	1	COFF 150-156 E	
9E10	100.0				N	D	100.00	1.025	208.2	1	COFF 150-156 B	

Otras cargas

NL	DESCRIPCION	PESO		ZCG		DFR		DFR		XCG		YCG	
		TM	S/B	M	AFR	M	FFR	M	A/AFR	M	M	M	CN
1	TRIPULACION	2.0	19.060	8	0.000	23	0.000	5.470	-0.00	0			
2	PERTRECHOS	5.0	12.200	8	0.000	23	0.000	5.470	-0.00	0			
3	ESTIBA	20.0	16.870	-8	0.000	185	0.610	62.880	-0.00	0			



4 VIVERES 2.0 13.200 21 0.000 23 0.000 0.700 -0.00 0

1 SISTEMA FORAN MODULO LOAD VERSION 50 RESULTADOS PAG. 014

----- FECHA - 11.07.28

CLIENTE - ETSIN FNAM

DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

Situacion de carga "LC02" 50 CONS CARGA

Cargas modulares

NL	TP	PESO		XPOS		YPOS		ZPOS			TOTAL			ZCG		DESCRIPCION
		TM	PP	M	M	M	NX	NY	NZ	TM	M	CN				
1	1	13.0	24.12	--SM--		1.38	1	3	1	39.0	2.67	0	B1			
2	1	13.0	30.42	--SM--		1.38	3	5	1	195.0	2.67	0	B1			
3	1	13.0	24.12	--SM--		3.97	2	5	1	130.0	5.26	0	B1			
4	1	13.0	36.72	--SM--		3.97	2	7	1	182.0	5.26	0	B1			
5	1	13.0	24.12	--SM--		6.56	1	5	1	65.0	7.85	0	B1			
6	1	13.0	24.12	--SM--		9.16	4	7	4	1456.0	14.37	0	B1			
7	1	13.0	17.84	--SM--		12.23	1	7	2	182.0	14.82	0	CUB			
8	1	13.0	51.42	--SM--		1.38	2	7	6	1092.0	9.20	0	B2			
9	1	13.0	51.42	--SM--		17.03	1	2	1	26.0	18.32	0	B2			
10	1	13.0	64.02	--SM--		1.38	2	5	1	130.0	2.67	0	B2			
11	1	13.0	64.02	--SM--		3.97	1	7	1	91.0	5.26	0	B2			
12	1	13.0	70.32	--SM--		3.97	1	5	1	65.0	5.26	0	B2			
13	1	13.0	64.02	--SM--		6.56	2	7	4	728.0	11.77	0	B2			
14	1	13.0	78.72	--SM--		1.38	2	3	1	78.0	2.67	0	B3			
15	1	13.0	91.32	--SM--		1.38	1	1	1	13.0	2.67	0	B3			
16	1	13.0	78.72	--SM--		3.97	1	5	1	65.0	5.26	0	B3			
17	1	13.0	85.02	--SM--		3.97	1	3	1	39.0	5.26	0	B3			
18	1	13.0	91.32	--SM--		3.97	1	3	2	78.0	6.57	0	B3			
19	1	13.0	97.62	--SM--		3.97	1	1	2	26.0	6.57	0	B3			
20	1	13.0	78.72	--SM--		6.56	2	5	1	130.0	7.85	0	B3			
21	1	13.0	78.72	--SM--		9.20	1	7	1	91.0	10.49	0	B3			
22	1	13.0	85.02	--SM--		9.20	2	5	1	130.0	10.49	0	B3			
23	1	13.0	97.62	--SM--		9.20	1	3	1	39.0	10.49	0	B3			
24	1	13.0	78.72	--SM--		11.79	3	7	1	273.0	13.08	0	B3			
25	1	13.0	97.62	--SM--		11.79	1	5	1	65.0	13.08	0	B3			
26	1	13.0	78.72	--SM--		14.38	4	7	1	364.0	15.67	0	B3			

1 SISTEMA FORAN MODULO LOAD VERSION 50 RESULTADOS PAG. 015

----- FECHA - 11.07.28

CLIENTE - ETSIN FNAM

DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

Situacion de carga "LC02" 50 CONS CARGA

IDSP	DESCRIP.	WT TONS.	Z.C.G. M	X.C.G. M	INER. M4
PESO EN ROSCA		4546.8	8.044	42.224	
9A03	AGUA DULCE SANITARIA	26.1	9.901	5.084	33.1
9A04	AGUA DULCE INDUSTRIAL	26.1	9.901	5.084	33.1
9A05	AGUA ALIMENTAC. CALDERAS	15.8	10.773	1.774	
9A06	HIDROFORO AGUA FRIA	0.3	9.341	1.380	0.1
9A07	HIDROFORO AGUA CALIENTE	0.3	9.341	3.309	0.1
9A08	ACEITE DE BOCINA	1.7	8.200	6.820	
9B01	ALMACEN ACEITE CAMISAS 1	16.7	9.743	13.474	
9B02	ALMACEN ACEITE CAMISAS 2	17.6	9.617	14.874	
9B03	SERVICIO DIARIO DO	11.2	7.397	17.083	
9B04	SEDIMENTACION DO	11.6	7.188	18.659	
9B05	SERVICIO DIARIO FO	46.9	7.078	21.831	
9B06	REBOSES FO	6.6	0.459	22.437	7.8
9B07	SERVICIO ACEITE MOTOR	14.1	1.012	18.045	40.6
9B08	EXPANSION	0.4	0.469	10.273	0.1
9B11	LODOS	8.9	0.530	22.231	13.5
9B12	ALMACEN ACEITE MOTOR N1	2.4	9.967	7.810	0.9
9B13	ALMACEN ACEITE MOTOR N2	2.4	9.960	8.810	0.9
9B14	ALMACEN DO	6.6	9.750	17.520	9.6
9B16	SEDIMENTACION FO N2	23.7	10.800	22.910	
9B17	SERVICIO ACEITE CAMISAS	1.1	9.837	15.030	0.1
9B18	AGUAS ACEITOSAS	4.9	0.397	9.542	1.2
9C09	COFF 72-75 E	92.9	4.025	50.370	127.6
9C10	COFF 72-75 B	92.9	4.025	50.370	127.6



9D03 DF 93-114 E	144.5	0.679	70.980	
9D04 DF 93-114 B	144.5	0.679	70.980	
9D09 COFF 111-114 E	92.8	4.033	77.669	127.6
9D10 COFF 111-114 B	92.8	4.033	77.669	127.6
9E06 LAT 114-132 B	414.4	5.581	85.117	
9E07 LAT 132-156 E	403.1	5.470	97.489	
9E09 COFF 150-156 E	208.2	8.015	105.796	
9E10 COFF 150-156 B	208.2	8.015	105.796	
TRIPULACION	2.0	19.060	10.350	
PERTRECHOS	5.0	12.200	10.350	
ESTIBA	20.0	16.870	58.000	
VIVERES	2.0	13.200	14.320	
B1	39.0	2.674	27.147	
B1	195.0	2.674	39.612	
B1	130.0	5.264	30.230	
B1	182.0	5.264	42.830	
B1	65.0	7.853	27.147	
B1	1456.0	14.372	36.395	
CUB	182.0	14.825	20.868	
B2	1092.0	9.203	57.530	
B2	26.0	18.324	54.447	
B2	130.0	2.674	70.130	
B2	91.0	5.264	67.047	
B2	65.0	5.264	73.347	

1

SISTEMA FORAN MODULO LOAD VERSION 50 RESULTADOS PAG. 016

CLIENTE - ETSIN FECHA - 11.07.28
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU FNAME
tes2

Situacion de carga "LC02" 50 CONS CARGA

IDSP	DESCRIP.	WT TONS.	Z.C.G. M	X.C.G. M	INER. M4
----	-----	-----	-----	-----	-----
	B2	728.0	11.771	70.130	
	B3	78.0	2.674	84.830	
	B3	13.0	2.674	94.347	
	B3	65.0	5.264	81.747	
	B3	39.0	5.264	88.047	
	B3	78.0	6.569	94.347	
	B3	26.0	6.569	100.647	
	B3	130.0	7.853	84.830	
	B3	91.0	10.493	81.747	
	B3	130.0	10.493	91.130	
	B3	39.0	10.493	100.647	
	B3	273.0	13.083	87.912	
	B3	65.0	13.083	100.647	
	B3	364.0	15.674	90.995	
	DESPLAZAMIENTO	12487.7	8.852	55.940	
	C.G. S/BASE (CORREGIDO SUP. LIBRE)		8.901		

Abcisas referidas a la perpendicular de popa

1

SISTEMA FORAN MODULO LOAD VERSION 50 RESULTADOS PAG. 017

CLIENTE - ETSIN FECHA - 11.07.28
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU FNAME
tes2



Situacion de carga "LC02"	50 CONS CARGA		
CONTENIDO	PESO	CENTRO DE GRAVEDAD	
	TM.	S/BASE M.	A PPP M.
-----	-----	-----	-----
AGUA DE LASTRE	1523.0	5.287	91.364
COMBUSTIBLE PESADO	448.6	4.653	56.811
COMBUSTIBLE LIGERO	29.4	7.839	17.805
ACEITE LUBRICANTE	56.1	7.484	14.438
AGUA DULCE	69.1	10.035	4.339
AGUA DE CALDERAS	13.8	0.483	17.734
OTRAS CARGAS	5801.0	10.770	58.623
-----	-----	-----	-----
PESO MUERTO	7940.9	9.315	63.794
PESO EN ROSCA	4546.8	8.044	42.224
-----	-----	-----	-----
DESPLAZAMIENTO	12487.7	8.852	55.940
-----	-----	-----	-----

1
SISTEMA FORAN MODULO LOAD VERSION 50 RESULTADOS PAG. 018

CLIENTE - ETSIN FECHA - 11.07.28
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU FNAME tes2

Situacion de carga "LC02" 50 CONS CARGA

FLOTACION DE EQUILIBRIO

=====

CALADOS (TRAZADO)	PERPENDICULAR DE POPA =	7.920	M
	PERPENDICULAR DE PROA =	6.537	M
	MEDIO =	7.229	M
	ASIENTO (POPA) =	1.383	M
CALADOS (EN LAS MARCAS)	POPA =	7.933	M
(REFERIDOS AL FONDO DEL CASCO)	PROA =	6.550	M
CALADOS (EN LAS MARCAS)	POPA =	7.920	M
(REFERIDOS A LA LINEA BASE)	PROA =	6.537	M
MOMENTO PARA CAMBIAR EL TRIMADO 1 CM	MCT =	161.8	T
CENTRO DE GRAVEDAD (P.P.) LCG =	55.940	M	KG = 8.852 M
CENTRO DE CARENA (P.P.) LCB =	55.881	M	KB = 3.908 M
CENTRO DE FLOTACION (P.P.) LCF =	53.535	M	

FLOTACION ISOCARENA SIN ASIENTO

=====

CALADO (DE TRAZADO) =	7.269	M
ALTURA METACENTRICA	GM =	0.282 M
ALTURA METACENTRICA CORREGIDA	GMC =	0.234 M
METACENTRO TRANSVERSAL	KM =	9.134 M

CURVAS DE ESTABILIDAD

=====

ANG	KN	GZ	DN
(DEG)	(M)	(M)	MM*RADIAN
=====	=====	=====	=====
-0.00	0.000	0.000	0.00
10.00	1.636	0.090	6.69
20.00	3.306	0.262	36.19
30.00	4.975	0.523	106.21
40.00	6.211	0.483	198.10
60.00	7.357	-0.381	235.40
80.00	7.264	-1.540	-91.32

1
SISTEMA FORAN MODULO LOAD VERSION 50 RESULTADOS PAG. 019

CLIENTE - ETSIN FECHA - 11.07.28
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU FNAME tes2

***** CRITERIO DE IMO *****



SE CUMPLE EL CRITERIO DE IMO

Item	Valor Real	Valor Limite
MAXIMO BRAZO ADRIZANTE = 0.542 M. A =	33.5 GR.	25.0 GR. OK
MAXIMO GZ ENTRE 30.0 GR. - 45.9 GR. =	0.542 M.	0.200 M. OK
ESTAB. DINAMICA ENTRE 0.0 GR. - 30.0 GR. =	106.2 MM*RAD	55.0 MM*RAD OK
ESTAB. DINAMICA ENTRE 0.0 GR. - 40.0 GR. =	198.1 MM*RAD	90.0 MM*RAD OK
ESTAB. DINAMICA ENTRE 30.0 GR. - 40.0 GR. =	91.9 MM*RAD	30.0 MM*RAD OK
GM - ALTURA METACENTRICA CORREGIDA =	0.2 M.	0.150 M. OK

SE CUMPLE EL CRITERIO DE VIENTO DE IMO

AREA B =	9.166 GR*M	MAYOR QUE	AREA A =	1.990 GR*M
ANGULO DE ESCORA =	9.03 GR	ANGULO DE BALANCE =	16.95 GR	
ANGULO LIMITE =	45.92 GR	BRAZO VIENTO CONSTANTE =	0.079 M	
AREA EXPUESTA AL VIENTO =	1712.15 M2	ALTURA C. DE GRAVEDAD	14.810 M	

1

SISTEMA FORAN	MODULO LOAD	VERSION 50	RESULTADOS	PAG. 020
CLIENTE	- ETSIN		FECHA -	11.07.28
DESCRIPCION DEL BUQUE	- PORTA-CONTENEDORES 650 TEU		FNAM	tes2

SITUACION DE LOS PUNTOS DE REFERENCIA, INUNDACION Y ABERTURAS

Puntos de Referencia :

Descripcion	Nfr	Dfr(m)	Hp(m.)	Ndk	yp(m.)	D.W(m)	AngI
COSTADO BABOR	-99	8.370	15.070	base	7.500	7.249	45.9

Aberturas no protegidas (Tipo FLUS) :

Descripcion	Nfr	Dfr(m)	Hp(m.)	Ndk	yp(m.)	D.W(m)	AngI
COSTADO ESTRIBOR	-99	8.370	15.070	base	-7.500	7.249	-45.9

ABERTURA DE INUNDACION PROGRESIVA

DESCRIPCION	ANGULO (GRADOS)
COSTADO ESTRIBOR	-45.9

1

SISTEMA FORAN	MODULO LOAD	VERSION 50	RESULTADOS	PAG. 021
CLIENTE	- ETSIN		FECHA -	11.07.28
DESCRIPCION DEL BUQUE	- PORTA-CONTENEDORES 650 TEU		FNAM	tes2

RESISTENCIA LONGITUDINAL

=====

Situacion de carga "LC02" 50 CONS CARGA

	VALOR (-ARRUFO/+QUEBRANTO)	CNA. NUMERO	ABSCISA A PERP. POPA
ESFUERZO CORTANTE MAXIMO POSITIVO	981.06 T.	35.000	23.420 M.
ESFUERZO CORTANTE MAXIMO NEGATIVO	-738.04 T.	111.000	76.620 M.
MOMENTO FLECTOR MAXIMO POSITIVO	28287.38 TxM	73.000	50.020 M.
MOMENTO FLECTOR MAXIMO NEGATIVO	0.00 TxM	-7.031	-4.289 M.

1

SISTEMA FORAN	MODULO LOAD	VERSION 50	RESULTADOS	PAG. 022
CLIENTE	- ETSIN		FECHA -	11.07.28
DESCRIPCION DEL BUQUE	- PORTA-CONTENEDORES 650 TEU		FNAM	tes2

Situacion de carga "LC03" 10 CONS CARGA

OPCIONES SELECCIONADAS

Calculo estandar

Buque en aguas tranquilas

Peso especifico del agua de mar : 1.025 T/M3.



Cuaderno 9: SITUACIONES DE CARGA Y RESISTENCIA LONGITUDINAL

Descuento por gases : 2.0 %
Espesor de la plancha de quilla : 13 MM
Altura metacentrica calculada para la flotacion isocarena sin asiento
Abscisa referidas a la perpendicular de popa
Abscisa marca calado(Ppp): 0.00 M. Abscisa marca calado(Ppr): 116.00 M.
No se utilizan las caract. de las secciones del buque (calculo directo)

OPCIONES DE ESTABILIDAD

Angulos escora: -0.00 10.00 20.00 30.00 40.00 60.00 80.00
Criterio de estabilidad IMO seleccionado
Criterio de IMO de viento Area quilla de balance = 0.00 M2
Valores KN calculados con trimado fijo
Correccion por superficies libres por momentos escorantes reales
Correccion por superficies libres sin considerar escora y trimado
OPCIONES DE RESISTENCIA LONGITUDINAL

No se dibuja resistencia longitudinal

1
SISTEMA FORAN MODULO LOAD VERSION 50 RESULTADOS PAG. 023

FECHA - 11.07.28
CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

Situacion de carga "LC03" 10 CONS CARGA

Cargas en compartimentos

----- datos usuario ----- CCCCCCCCCC valores calculados CCCCCCCCCC
IDSP PF DN WT CN I G PF DN WT CN DESCRIPCION

9A03 10.0 N D 10.00 1.000 5.8 6 AGUA DULCE SANITARIA
9A04 10.0 N D 10.00 1.000 5.8 6 AGUA DULCE INDUSTRIAL
9A05 100.0 N D 100.00 1.000 15.8 6 AGUA ALIMENTAC. CALDERAS
9A06 10.0 N D 10.00 1.000 0.1 6 HIDROFORO AGUA FRIA
9A07 10.0 N D 10.00 1.000 0.1 6 HIDROFORO AGUA CALIENTE
9A08 100.0 N D 98.00 0.900 1.7 5 ACEITE DE BOCINA
9B01 100.0 N D 98.00 0.900 16.7 5 ALMACEN ACEITE CAMISAS 1
9B02 100.0 N D 98.00 0.900 17.6 5 ALMACEN ACEITE CAMISAS 2
9B03 50.0 N D 50.00 0.850 5.7 4 SERVICIO DIARIO DO
9B04 100.0 N D 98.00 0.850 11.6 4 SEDIMENTACION DO
9B05 100.0 N D 98.00 0.920 46.9 3 SERVICIO DIARIO FO
9B06 60.0 N D 60.00 0.920 6.6 3 REBOSES FO
9B07 85.0 N D 85.00 0.900 14.1 5 SERVICIO ACEITE MOTOR
9B08 10.0 N D 10.00 1.000 0.1 6 EXPANSION
9B11 60.0 N D 60.00 1.000 8.9 7 LODOS
9B12 50.0 N D 50.00 0.900 2.4 5 ALMACEN ACEITE MOTOR N1
9B13 50.0 N D 50.00 0.900 2.4 5 ALMACEN ACEITE MOTOR N2
9B16 50.0 N D 50.00 0.920 12.1 3 SEDIMENTACION FO N2
9B17 85.0 N D 85.00 0.900 1.1 5 SERVICIO ACEITE CAMISAS
9B18 60.0 N D 60.00 1.000 4.9 7 AGUAS ACEITOSAS
9C09 10.0 N D 10.00 0.920 18.6 3 COFF 72-75 E
9C10 10.0 N D 10.00 0.920 18.6 3 COFF 72-75 B
9D01 100.0 N D 100.00 1.025 140.2 1 DF 75-93 E
9D02 100.0 N D 100.00 1.025 140.2 1 DF 75-93 B
9D03 100.0 N D 100.00 1.025 144.5 1 DF 93-114 E
9D04 100.0 N D 100.00 1.025 144.5 1 DF 93-114 B
9D09 10.0 N D 10.00 0.920 18.6 3 COFF 111-114 E
9D10 10.0 N D 10.00 0.920 18.6 3 COFF 111-114 B
9E03 100.0 N D 100.00 1.025 27.5 1 DF 132-156 E
9E04 100.0 N D 100.00 1.025 27.5 1 DF 132-156 B
9E06 100.0 N D 100.00 1.025 414.4 1 LAT 114-132 B
9E07 100.0 N D 100.00 1.025 403.1 1 LAT 132-156 E
9E09 100.0 N D 100.00 1.025 208.2 1 COFF 150-156 E
9E10 100.0 N D 100.00 1.025 208.2 1 COFF 150-156 B

1
SISTEMA FORAN MODULO LOAD VERSION 50 RESULTADOS PAG. 024

FECHA - 11.07.28
CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

Situacion de carga "LC03" 10 CONS CARGA

Otras cargas



NL	DESCRIPCION	PESO		ZCG		DFR		DFR	XCG		YCG	
		TM	S/B	M	AFR	M	FFR	M	A/AFR	M	M	CN
1	TRIPULACION	2.0	19.060	8	0.000	23	0.000		5.470	-0.00	0	
2	PERTRECHOS	5.0	12.200	8	0.000	23	0.000		5.470	-0.00	0	
3	ESTIBA	20.0	16.870	-8	0.000	185	0.610		62.880	-0.00	0	
4	VIVERES	0.4	13.200	21	0.000	23	0.000		0.700	-0.00	0	
Cargas modulares												

NL	TP	PESO		XPOS	YPOS	ZPOS		TOTAL	ZCG		DESCRIPCION
		TM	PP			M	NX		TM	M	
1	1	13.0	24.12	--SM--	1.38	1	3	1	39.0	2.67	0 B1
2	1	13.0	30.42	--SM--	1.38	3	5	1	195.0	2.67	0 B1
3	1	13.0	24.12	--SM--	3.97	2	5	1	130.0	5.26	0 B1
4	1	13.0	36.72	--SM--	3.97	2	7	1	182.0	5.26	0 B1
5	1	13.0	24.12	--SM--	6.56	1	5	1	65.0	7.85	0 B1
6	1	13.0	24.12	--SM--	9.16	4	7	4	1456.0	14.37	0 B1
7	1	13.0	17.84	--SM--	12.23	1	7	2	182.0	14.82	0 CUB
8	1	13.0	51.42	--SM--	1.38	2	7	6	1092.0	9.20	0 B2
9	1	13.0	51.42	--SM--	17.03	1	2	1	26.0	18.32	0 B2
10	1	13.0	64.02	--SM--	1.38	2	5	1	130.0	2.67	0 B2
11	1	13.0	64.02	--SM--	3.97	1	7	1	91.0	5.26	0 B2
12	1	13.0	70.32	--SM--	3.97	1	5	1	65.0	5.26	0 B2
13	1	13.0	64.02	--SM--	6.56	2	7	4	728.0	11.77	0 B2
14	1	13.0	78.72	--SM--	1.38	2	3	1	78.0	2.67	0 B3
15	1	13.0	91.32	--SM--	1.38	1	1	1	13.0	2.67	0 B3
16	1	13.0	78.72	--SM--	3.97	1	5	1	65.0	5.26	0 B3
17	1	13.0	85.02	--SM--	3.97	1	3	1	39.0	5.26	0 B3
18	1	13.0	91.32	--SM--	3.97	1	3	2	78.0	6.57	0 B3
19	1	13.0	97.62	--SM--	3.97	1	1	2	26.0	6.57	0 B3
20	1	13.0	78.72	--SM--	6.56	2	5	1	130.0	7.85	0 B3
21	1	13.0	78.72	--SM--	9.20	1	7	1	91.0	10.49	0 B3
22	1	13.0	85.02	--SM--	9.20	2	5	1	130.0	10.49	0 B3
23	1	13.0	97.62	--SM--	9.20	1	3	1	39.0	10.49	0 B3
24	1	13.0	78.72	--SM--	11.79	3	7	1	273.0	13.08	0 B3
25	1	13.0	97.62	--SM--	11.79	1	5	1	65.0	13.08	0 B3
26	1	13.0	78.72	--SM--	14.38	4	7	1	364.0	15.67	0 B3

1 SISTEMA FORAN MODULO LOAD VERSION 50 RESULTADOS PAG. 025
 FECHA - 11.07.28
 CLIENTE - ETSIN FNAME
 DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

Situacion de carga "LC03" 10 CONS CARGA

IDSP	DESCRIP.	WT TONS.	Z.C.G. M	X.C.G. M	INER. M4
	PESO EN ROSCA	4546.8	8.044	42.224	
9A03	AGUA DULCE SANITARIA	5.8	9.363	5.105	27.6
9A04	AGUA DULCE INDUSTRIAL	5.8	9.363	5.105	27.6
9A05	AGUA ALIMENTAC. CALDERAS	15.8	10.773	1.774	
9A06	HIDROFORO AGUA FRIA	0.1	9.231	1.380	0.1
9A07	HIDROFORO AGUA CALIENTE	0.1	9.231	3.309	0.1
9A08	ACEITE DE BOCINA	1.7	8.200	6.820	
9B01	ALMACEN ACEITE CAMISAS 1	16.7	9.743	13.474	
9B02	ALMACEN ACEITE CAMISAS 2	17.6	9.617	14.874	
9B03	SERVICIO DIARIO DO	5.7	6.490	17.094	4.5
9B04	SEDIMENTACION DO	11.6	7.188	18.659	
9B05	SERVICIO DIARIO FO	46.9	7.078	21.831	
9B06	REBOSES FO	6.6	0.459	22.437	7.8
9B07	SERVICIO ACEITE MOTOR	14.1	1.012	18.045	40.6
9B08	EXPANSION	0.1	0.214	10.290	0.0
9B11	LODOS	8.9	0.530	22.231	13.5
9B12	ALMACEN ACEITE MOTOR N1	2.4	9.967	7.810	0.9
9B13	ALMACEN ACEITE MOTOR N2	2.4	9.960	8.810	0.9
9B16	SEDIMENTACION FO N2	12.1	10.100	22.910	18.0
9B17	SERVICIO ACEITE CAMISAS	1.1	9.837	15.030	0.1
9B18	AGUAS ACEITOSAS	4.9	0.397	9.542	1.2
9C09	COFF 72-75 E	18.6	1.845	50.370	127.6
9C10	COFF 72-75 B	18.6	1.845	50.370	127.6
9D01	DF 75-93 E	140.2	0.668	57.715	



9D02 DF 75-93 B	140.2	0.668	57.715	
9D03 DF 93-114 E	144.5	0.679	70.980	
9D04 DF 93-114 B	144.5	0.679	70.980	
9D09 COFF 111-114 E	18.6	1.854	77.666	127.6
9D10 COFF 111-114 B	18.6	1.854	77.666	127.6
9E03 DF 132-156 E	27.5	0.805	96.592	
9E04 DF 132-156 B	27.5	0.805	96.592	
9E06 LAT 114-132 B	414.4	5.581	85.117	
9E07 LAT 132-156 E	403.1	5.470	97.489	
9E09 COFF 150-156 E	208.2	8.015	105.796	
9E10 COFF 150-156 B	208.2	8.015	105.796	
TRIPULACION	2.0	19.060	10.350	
PERTRECHOS	5.0	12.200	10.350	
ESTIBA	20.0	16.870	58.000	
VIVERES	0.4	13.200	14.320	
B1	39.0	2.674	27.147	
B1	195.0	2.674	39.612	
B1	130.0	5.264	30.230	
B1	182.0	5.264	42.830	
B1	65.0	7.853	27.147	
B1	1456.0	14.372	36.395	
CUB	182.0	14.825	20.868	
B2	1092.0	9.203	57.530	
B2	26.0	18.324	54.447	

1

SISTEMA FORAN MODULO LOAD VERSION 50 RESULTADOS PAG. 026

CLIENTE - ETSIN FECHA - 11.07.28
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU FNAME
tes2

Situacion de carga "LC03" 10 CONS CARGA

IDSP	DESCRIP.	WT TONS.	Z.C.G. M	X.C.G. M	INER. M4
----	-----	-----	-----	-----	-----
	B2	130.0	2.674	70.130	
	B2	91.0	5.264	67.047	
	B2	65.0	5.264	73.347	
	B2	728.0	11.771	70.130	
	B3	78.0	2.674	84.830	
	B3	13.0	2.674	94.347	
	B3	65.0	5.264	81.747	
	B3	39.0	5.264	88.047	
	B3	78.0	6.569	94.347	
	B3	26.0	6.569	100.647	
	B3	130.0	7.853	84.830	
	B3	91.0	10.493	81.747	
	B3	130.0	10.493	91.130	
	B3	39.0	10.493	100.647	
	B3	273.0	13.083	87.912	
	B3	65.0	13.083	100.647	
	B3	364.0	15.674	90.995	
	DESPLAZAMIENTO	12459.4	8.727	56.209	
	C.G. S/BASE (CORREGIDO SUP. LIBRE)		8.776		

Abscisas referidas a la perpendicular de popa

1

SISTEMA FORAN MODULO LOAD VERSION 50 RESULTADOS PAG. 027

CLIENTE - ETSIN FECHA - 11.07.28
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU FNAME
tes2



Situacion de carga "LC03" 10 CONS CARGA		PESO CENTRO DE GRAVEDAD		
CONTENIDO		TM. S/BASE M. A PPP M.		
-----		-----		
AGUA DE LASTRE	1858.4	4.458	86.440	
COMBUSTIBLE PESADO	139.9	4.250	44.339	
COMBUSTIBLE LIGERO	17.3	6.958	18.144	
ACEITE LUBRICANTE	56.1	7.484	14.438	
AGUA DULCE	27.6	10.135	3.208	
AGUA DE CALDERAS	13.8	0.483	17.734	
OTRAS CARGAS	5799.4	10.770	58.636	
-----		-----		
PESO MUERTO	7912.6	9.120	64.246	
PESO EN ROSCA	4546.8	8.044	42.224	
-----		-----		
DESPLAZAMIENTO	12459.4	8.727	56.209	
-----		-----		
1				
SISTEMA FORAN	MODULO LOAD	VERSION 50	RESULTADOS	PAG. 028
-----		-----		
CLIENTE	- ETSIN		FECHA - 11.07.28	FNAM
DESCRIPCION DEL BUQUE	- PORTA-CONTENEDORES 650 TEU			tes2

Situacion de carga "LC03" 10 CONS CARGA				
FLOTACION DE EQUILIBRIO				
=====				
CALADOS (TRAZADO)	PERPENDICULAR DE POPA =	7.808	M	
	PERPENDICULAR DE PROA =	6.638	M	
	MEDIO =	7.223	M	
	ASIENTO (POPA) =	1.170	M	
CALADOS (EN LAS MARCAS)	POPA =	7.821	M	
(REFERIDOS AL FONDO DEL CASCO)	PROA =	6.651	M	
CALADOS (EN LAS MARCAS)	POPA =	7.808	M	
(REFERIDOS A LA LINEA BASE)	PROA =	6.638	M	
MOMENTO PARA CAMBIAR EL TRIMADO 1 CM	MCT =	158.5	T	
CENTRO DE GRAVEDAD (P.P.) LCG =	56.209	M	KG =	8.727
CENTRO DE CARENA (P.P.) LCB =	56.161	M	KB =	3.898
CENTRO DE FLOTACION (P.P.) LCF =	53.908	M		
FLOTACION ISOCARENA SIN ASIENTO				
=====				
	CALADO (DE TRAZADO) =	7.256	M	
	ALTURA METACENTRICA	GM =	0.404	M
	ALTURA METACENTRICA CORREGIDA	GMC =	0.356	M
	METACENTRO TRANSVERSAL	KM =	9.132	M

CURVAS DE ESTABILIDAD			
=====			
ANG	KN	GZ	DN
(DEG)	(M)	(M)	MM*RADIAN
=====	=====	=====	=====
-0.00	0.000	0.000	0.00
10.00	1.630	0.106	7.97
20.00	3.300	0.300	42.02
30.00	4.975	0.593	121.37
40.00	6.215	0.585	228.22
60.00	7.361	-0.219	312.25
80.00	7.266	-1.354	47.44

1				
SISTEMA FORAN	MODULO LOAD	VERSION 50	RESULTADOS	PAG. 029
-----		-----		
CLIENTE	- ETSIN		FECHA - 11.07.28	FNAM
DESCRIPCION DEL BUQUE	- PORTA-CONTENEDORES 650 TEU			tes2



***** CRITERIO DE IMO *****

SE CUMPLE EL CRITERIO DE IMO

Item	Valor Real	Valor Limite
MAXIMO BRAZO ADRIZANTE = 0.624 M. A =	34.6 GR.	25.0 GR. OK
MAXIMO GZ ENTRE 30.0 GR. - 46.3 GR. =	0.624 M.	0.200 M. OK
ESTAB. DINAMICA ENTRE 0.0 GR. - 30.0 GR. =	121.4 MM*RAD	55.0 MM*RAD OK
ESTAB. DINAMICA ENTRE 0.0 GR. - 40.0 GR. =	228.2 MM*RAD	90.0 MM*RAD OK
ESTAB. DINAMICA ENTRE 30.0 GR. - 40.0 GR. =	106.9 MM*RAD	30.0 MM*RAD OK
GM - ALTURA METACENTRICA CORREGIDA =	0.4 M.	0.150 M. OK

SE CUMPLE EL CRITERIO DE VIENTO DE IMO

AREA B =	11.569 GR*M	MAYOR QUE	AREA A =	2.128 GR*M
ANGULO DE ESCORA =	8.01 GR	ANGULO DE BALANCE =	16.85 GR	
ANGULO LIMITE =	46.33 GR	BRAZO VIENTO CONSTANTE =	0.079 M	
AREA EXPUESTA AL VIENTO =	1712.58 M2	ALTURA C. DE GRAVEDAD	14.810 M	

1

SISTEMA FORAN	MODULO LOAD	VERSION 50	RESULTADOS	PAG. 030
				FECHA - 11.07.28
CLIENTE	- ETSIN			FNAM
DESCRIPCION DEL BUQUE	- PORTA-CONTENEDORES 650 TEU			tes2

SITUACION DE LOS PUNTOS DE REFERENCIA, INUNDACION Y ABERTURAS

Puntos de Referencia :

Descripcion	Nfr	Dfr(m)	Hp(m.)	Ndk	yp(m.)	D.W(m)	AngI
COSTADO BABOR	-99	8.370	15.070	base	7.500	7.346	46.3

Aberturas no protegidas (Tipo FLUS) :

Descripcion	Nfr	Dfr(m)	Hp(m.)	Ndk	yp(m.)	D.W(m)	AngI
COSTADO ESTIBOR	-99	8.370	15.070	base	-7.500	7.346	-46.3

ABERTURA DE INUNDACION PROGRESIVA

DESCRIPCION	ANGULO (GRADOS)
COSTADO ESTIBOR	-46.3

1

SISTEMA FORAN	MODULO LOAD	VERSION 50	RESULTADOS	PAG. 031
				FECHA - 11.07.28
CLIENTE	- ETSIN			FNAM
DESCRIPCION DEL BUQUE	- PORTA-CONTENEDORES 650 TEU			tes2

RESISTENCIA LONGITUDINAL

=====

Situacion de carga "LC03" 10 CONS CARGA

	VALOR (-ARRUFO/+QUEBRANTO)	CNA. NUMERO	ABSCISA A PERP. POPA
ESFUERZO CORTANTE MAXIMO POSITIVO	952.61 T.	35.000	23.420 M.
ESFUERZO CORTANTE MAXIMO NEGATIVO	-746.01 T.	114.000	78.720 M.
MOMENTO FLECTOR MAXIMO POSITIVO	27399.05 TxM	72.000	49.320 M.
MOMENTO FLECTOR MAXIMO NEGATIVO	0.00 TxM	-7.031	-4.289 M.

1

SISTEMA FORAN	MODULO LOAD	VERSION 50	RESULTADOS	PAG. 032
				FECHA - 11.07.28
CLIENTE	- ETSIN			FNAM
DESCRIPCION DEL BUQUE	- PORTA-CONTENEDORES 650 TEU			tes2

Situacion de carga "LC04" 100 CONS LASTRE

OPCIONES SELECCIONADAS



Calculo estandar

Buque en aguas tranquilas

Peso especifico del agua de mar : 1.025 T/M3.

Descuento por gases : 2.0 %

Espesor de la plancha de quilla : 13 MM

Altura metacentrica calculada para la flotacion isocarena sin asiento

Abscisas referidas a la perpendicular de popa

Abscisa marca calado(Ppp): 0.00 M. Abscisa marca calado(Ppr): 116.00 M.

No se utilizan las caract. de las secciones del buque (calculo directo)

OPCIONES DE ESTABILIDAD

Angulos escora: 0.00 10.00 20.00 30.00 40.00 60.00 80.00

Criterio de estabilidad IMO seleccionado

Criterio de IMO de viento Area quilla de balance = 0.00 M2

Valores KN calculados con trimado fijo

Correccion por superficies libres por momentos escorantes reales

Correccion por superficies libres sin considerar escora y trimado

OPCIONES DE RESISTENCIA LONGITUDINAL

No se dibuja resistencia longitudinal

1

SISTEMA FORAN MODULO LOAD VERSION 50 RESULTADOS PAG. 033

FECHA - 11.07.28

CLIENTE - ETSIN

FNAM

DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU

tes2

Situacion de carga "LC04" 100 CONS LASTRE

Cargas en compartimentos

datos usuario				CCCCCCCCC				valores calculados				CCCCCCCCC
IDSP	PF	DN	WT	CN	I	G	PF	DN	WT	CN	DESCRIPCION	
9A03	100.0				N	D	100.00	1.000	58.1	6	AGUA DULCE SANITARIA	
9A04	100.0				N	D	100.00	1.000	58.1	6	AGUA DULCE INDUSTRIAL	
9A05	100.0				N	D	100.00	1.000	15.8	6	AGUA ALIMENTAC. CALDERAS	
9A06	100.0				N	D	100.00	1.000	0.6	6	HIDROFORO AGUA FRIA	
9A07	100.0				N	D	100.00	1.000	0.6	6	HIDROFORO AGUA CALIENTE	
9A08	100.0				N	D	98.00	0.900	1.7	5	ACEITE DE BOCINA	
9B01	100.0				N	D	98.00	0.900	16.7	5	ALMACEN ACEITE CAMISAS 1	
9B02	100.0				N	D	98.00	0.900	17.6	5	ALMACEN ACEITE CAMISAS 2	
9B03	100.0				N	D	98.00	0.850	11.2	4	SERVICIO DIARIO DO	
9B04	100.0				N	D	98.00	0.850	11.6	4	SEDIMENTACION DO	
9B05	100.0				N	D	98.00	0.920	46.9	3	SERVICIO DIARIO FO	
9B06	60.0				N	D	60.00	0.920	6.6	3	REBOSES FO	
9B07	85.0				N	D	85.00	0.900	14.1	5	SERVICIO ACEITE MOTOR	
9B08	100.0				N	D	100.00	1.000	1.0	6	EXPANSION	
9B11	60.0				N	D	60.00	1.000	8.9	7	LODOS	
9B12	100.0				N	D	98.00	0.900	4.8	5	ALMACEN ACEITE MOTOR N1	
9B13	100.0				N	D	98.00	0.900	4.8	5	ALMACEN ACEITE MOTOR N2	
9B14	100.0				N	D	98.00	0.850	25.7	4	ALMACEN DO	
9B16	100.0				N	D	98.00	0.920	23.7	3	SEDIMENTACION FO N2	
9B17	85.0				N	D	85.00	0.900	1.1	5	SERVICIO ACEITE CAMISAS	
9B18	60.0				N	D	60.00	1.000	4.9	7	AGUAS ACEITOSAS	
9C03	100.0				N	D	100.00	1.025	152.6	1	DF 54-75 E	
9C04	100.0				N	D	100.00	1.025	152.6	1	DF 54-75 B	
9C07	100.0				N	D	100.00	1.025	249.3	1	LAT 54-75 E	
9C08	100.0				N	D	100.00	1.025	249.3	1	LAT 54-75 B	
9C09	100.0				N	D	98.00	0.920	182.0	3	COFF 72-75 E	
9C10	100.0				N	D	98.00	0.920	182.0	3	COFF 72-75 B	
9D01	100.0				N	D	100.00	1.025	140.2	1	DF 75-93 E	
9D02	100.0				N	D	100.00	1.025	140.2	1	DF 75-93 B	
9D03	100.0				N	D	100.00	1.025	144.5	1	DF 93-114 E	
9D04	100.0				N	D	100.00	1.025	144.5	1	DF 93-114 B	
9D05	100.0				N	D	100.00	1.025	149.2	1	LAT 75-93 E	
9D06	100.0				N	D	100.00	1.025	149.2	1	LAT 75-93 B	
9D07	100.0				N	D	100.00	1.025	318.2	1	LAT 93-114 E	
9D08	100.0				N	D	100.00	1.025	318.2	1	LAT 93-114 B	
9D09	100.0				N	D	98.00	0.920	181.8	3	COFF 111-114 E	
9D10	100.0				N	D	98.00	0.920	181.8	3	COFF 111-114 B	
9E01	100.0				N	D	100.00	1.025	74.0	1	DF 114-132 E	
9E02	100.0				N	D	100.00	1.025	74.0	1	DF 114-132 B	
9E03	100.0				N	D	100.00	1.025	27.5	1	DF 132-156 E	



9E04 100.0 N D 100.00 1.025 27.5 1 DF 132-156 B
9E05 100.0 N D 100.00 1.025 414.4 1 LAT 114-132 E
9E06 100.0 N D 100.00 1.025 414.4 1 LAT 114-132 B
9E07 100.0 N D 100.00 1.025 403.1 1 LAT 132-156 E
9E08 100.0 N D 100.00 1.025 403.1 1 LAT 132-156 B

1

SISTEMA FORAN MODULO LOAD VERSION 50 RESULTADOS PAG. 034

CLIENTE - ETSIN FECHA - 11.07.28
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU FNAME
tes2

Situacion de carga "LC04" 100 CONS LASTRE

Otras cargas

NL	DESCRIPCION	PESO TM	ZCG S/B	M	AFR	DFR M	FFR	DFR M	XCG A/AFR	YCG M	CN
1	TRIPULACION	2.0	19.060	8	0.000	23	0.000	5.470	-0.00	0	
2	PERTRECHOS	5.0	12.200	8	0.000	23	0.000	5.470	-0.00	0	
3	ESTIBA	20.0	16.870	-8	0.000	185	0.610	62.880	-0.00	0	
4	VIVERES	4.0	13.200	21	0.000	23	0.000	0.700	-0.00	0	

1

SISTEMA FORAN MODULO LOAD VERSION 50 RESULTADOS PAG. 035

CLIENTE - ETSIN FECHA - 11.07.28
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU FNAME
tes2

Situacion de carga "LC04" 100 CONS LASTRE

IDSP	DESCRIP.	WT TONS.	Z.C.G. M	X.C.G. M	INER. M4
	PESO EN ROSCA	4546.8	8.044	42.224	
9A03	AGUA DULCE SANITARIA	58.1	10.719	5.073	
9A04	AGUA DULCE INDUSTRIAL	58.1	10.719	5.073	
9A05	AGUA ALIMENTAC. CALDERAS	15.8	10.773	1.774	
9A06	HIDROFORO AGUA FRIA	0.6	9.512	1.380	
9A07	HIDROFORO AGUA CALIENTE	0.6	9.512	3.309	
9A08	ACEITE DE BOCINA	1.7	8.200	6.820	
9B01	ALMACEN ACEITE CAMISAS 1	16.7	9.743	13.474	
9B02	ALMACEN ACEITE CAMISAS 2	17.6	9.617	14.874	
9B03	SERVICIO DIARIO DO	11.2	7.397	17.083	
9B04	SEDIMENTACION DO	11.6	7.188	18.659	
9B05	SERVICIO DIARIO FO	46.9	7.078	21.831	
9B06	REBOSES FO	6.6	0.459	22.437	7.8
9B07	SERVICIO ACEITE MOTOR	14.1	1.012	18.045	40.6
9B08	EXPANSION	1.0	0.771	10.260	
9B11	LODOS	8.9	0.530	22.231	13.5
9B12	ALMACEN ACEITE MOTOR N1	4.8	10.712	7.810	
9B13	ALMACEN ACEITE MOTOR N2	4.8	10.708	8.810	
9B14	ALMACEN DO	25.7	10.800	17.520	
9B16	SEDIMENTACION FO N2	23.7	10.800	22.910	
9B17	SERVICIO ACEITE CAMISAS	1.1	9.837	15.030	0.1
9B18	AGUAS ACEITOSAS	4.9	0.397	9.542	1.2
9C03	DF 54-75 E	152.6	0.678	44.316	
9C04	DF 54-75 B	152.6	0.678	44.316	
9C07	LAT 54-75 E	249.3	4.465	43.820	
9C08	LAT 54-75 B	249.3	4.465	43.820	
9C09	COFF 72-75 E	182.0	6.750	50.370	
9C10	COFF 72-75 B	182.0	6.750	50.370	
9D01	DF 75-93 E	140.2	0.668	57.715	
9D02	DF 75-93 B	140.2	0.668	57.715	
9D03	DF 93-114 E	144.5	0.679	70.980	
9D04	DF 93-114 B	144.5	0.679	70.980	
9D05	LAT 75-93 E	149.2	5.270	57.718	
9D06	LAT 75-93 B	149.2	5.270	57.718	
9D07	LAT 93-114 E	318.2	4.362	71.440	
9D08	LAT 93-114 B	318.2	4.362	71.440	
9D09	COFF 111-114 E	181.8	6.755	77.670	
9D10	COFF 111-114 B	181.8	6.755	77.670	
9E01	DF 114-132 E	74.0	0.713	84.255	
9E02	DF 114-132 B	74.0	0.713	84.255	
9E03	DF 132-156 E	27.5	0.805	96.592	



9E04 DF 132-156 B	27.5	0.805	96.592
9E05 LAT 114-132 E	414.4	5.581	85.117
9E06 LAT 114-132 B	414.4	5.581	85.117
9E07 LAT 132-156 E	403.1	5.470	97.489
9E08 LAT 132-156 B	403.1	5.470	97.489
TRIPULACION	2.0	19.060	10.350
PERTRECHOS	5.0	12.200	10.350

1

SISTEMA FORAN	MODULO LOAD	VERSION 50	RESULTADOS	PAG. 036
-----				FECHA - 11.07.28
CLIENTE	- ETSIN			FNAM
DESCRIPCION DEL BUQUE	- PORTA-CONTENEDORES 650 TEU			tes2

Situacion de carga "LC04" 100 CONS LASTRE

IDSP	DESCRIP.	WT TONS.	Z.C.G. M	X.C.G. M	INER. M4

	ESTIBA	20.0	16.870	58.000	
	VIVERES	4.0	13.200	14.320	
	DESPLAZAMIENTO	9786.1	6.261	55.777	
	C.G. S/BASE (CORREGIDO SUP. LIBRE)		6.267		

Abscisas referidas a la perpendicular de popa

1

SISTEMA FORAN	MODULO LOAD	VERSION 50	RESULTADOS	PAG. 037
-----				FECHA - 11.07.28
CLIENTE	- ETSIN			FNAM
DESCRIPCION DEL BUQUE	- PORTA-CONTENEDORES 650 TEU			tes2

Situacion de carga "LC04" 100 CONS LASTRE

CONTENIDO	PESO TM.	CENTRO DE GRAVEDAD S/BASE M.	A PPP M.

AGUA DE LASTRE	4146.0	3.944	72.764
COMBUSTIBLE PESADO	805.0	6.839	60.000
COMBUSTIBLE LIGERO	48.5	9.149	17.692
ACEITE LUBRICANTE	60.8	7.792	13.967
AGUA DULCE	134.2	10.640	4.698
AGUA DE CALDERAS	13.8	0.483	17.734
OTRAS CARGAS	31.0	15.780	41.645

PESO MUERTO	5239.3	4.714	67.538
PESO EN ROSCA	4546.8	8.044	42.224

DESPLAZAMIENTO	9786.1	6.261	55.777

1

SISTEMA FORAN	MODULO LOAD	VERSION 50	RESULTADOS	PAG. 038
-----				FECHA - 11.07.28
CLIENTE	- ETSIN			FNAM
DESCRIPCION DEL BUQUE	- PORTA-CONTENEDORES 650 TEU			tes2



Situacion de carga "LC04" 100 CONS LASTRE

FLOTACION DE EQUILIBRIO

=====

CALADOS (TRAZADO)	PERPENDICULAR DE POPA =	6.704	M
	PERPENDICULAR DE PROA =	5.084	M
	MEDIO =	5.894	M
	ASIENTO (POPA) =	1.620	M
CALADOS (EN LAS MARCAS)	POPA =	6.717	M
(REFERIDOS AL FONDO DEL CASCO)	PROA =	5.097	M
CALADOS (EN LAS MARCAS)	POPA =	6.704	M
(REFERIDOS A LA LINEA BASE)	PROA =	5.084	M
MOMENTO PARA CAMBIAR EL TRIMADO 1 CM	MCT =	129.1	T
CENTRO DE GRAVEDAD (P.P.) LCG =	55.777	M	KG = 6.261 M
CENTRO DE CARENA (P.P.) LCB =	55.733	M	KB = 3.167 M
CENTRO DE FLOTACION (P.P.) LCF =	56.383	M	

FLOTACION ISOCARENA SIN ASIENTO

=====

CALADO (DE TRAZADO) =	5.907	M
ALTURA METACENTRICA	GM =	2.859 M
ALTURA METACENTRICA CORREGIDA	GMC =	2.853 M
METACENTRO TRANSVERSAL	KM =	9.121 M

CURVAS DE ESTABILIDAD

=====

ANG (DEG)	KN (M)	GZ (M)	DN MM*RADIAN
=====	=====	=====	=====
0.00	0.000	0.000	0.00
10.00	1.626	0.538	45.27
20.00	3.332	1.190	194.31
30.00	5.096	1.964	470.17
40.00	6.553	2.527	866.86
60.00	7.741	2.317	1749.42
80.00	7.506	1.338	2409.78

1

SISTEMA FORAN	MODULO LOAD	VERSION 50	RESULTADOS	PAG. 039
-----				FECHA - 11.07.28
CLIENTE	- ETSIN			FNAM
DESCRIPCION DEL BUQUE	- PORTA-CONTENEDORES 650 TEU			tes2

***** CRITERIO DE IMO *****

SE CUMPLE EL CRITERIO DE IMO

Item	Valor Real	Valor Limite
-----	-----	-----
MAXIMO BRAZO ADRIZANTE = 2.619 M. A =	45.8 GR.	25.0 GR. OK
MAXIMO GZ ENTRE 30.0 GR. - 54.0 GR. =	2.619 M.	0.200 M. OK
ESTAB. DINAMICA ENTRE 0.0 GR. - 30.0 GR. =	470.2 MM*RAD	55.0 MM*RAD OK
ESTAB. DINAMICA ENTRE 0.0 GR. - 40.0 GR. =	866.9 MM*RAD	90.0 MM*RAD OK
ESTAB. DINAMICA ENTRE 30.0 GR. - 40.0 GR. =	396.7 MM*RAD	30.0 MM*RAD OK
GM - ALTURA METACENTRICA CORREGIDA =	2.9 M.	0.150 M. OK

SE CUMPLE EL CRITERIO DE VIENTO DE IMO

AREA B =	67.686 GR*M	MAYOR QUE	AREA A =	13.067 GR*M
ANGULO DE ESCORA =	2.19 GR	ANGULO DE BALANCE =	20.95 GR	
ANGULO LIMITE =	50.00 GR	BRAZO VIENTO CONSTANTE =	0.110 M	
AREA EXPUESTA AL VIENTO =	1872.72 M2	ALTURA C. DE GRAVEDAD	14.098	M

1

SISTEMA FORAN	MODULO LOAD	VERSION 50	RESULTADOS	PAG. 040
-----				FECHA - 11.07.28
CLIENTE	- ETSIN			FNAM
DESCRIPCION DEL BUQUE	- PORTA-CONTENEDORES 650 TEU			tes2

SITUACION DE LOS PUNTOS DE REFERENCIA, INUNDACION Y ABERTURAS

Puntos de Referencia :



Cuaderno 9: SITUACIONES DE CARGA Y RESISTENCIA LONGITUDINAL

Descripcion	Nfr	Dfr(m)	Hp(m.)	Ndk	yp(m.)	D.W(m)	AngI
COSTADO BABOR	-99	8.370	15.070	base	7.500	8.482	54.0

Aberturas no protegidas (Tipo FLUS) :

Descripcion	Nfr	Dfr(m)	Hp(m.)	Ndk	yp(m.)	D.W(m)	AngI
COSTADO ESTRIBOR	-99	8.370	15.070	base	-7.500	8.482	-54.0

ABERTURA DE INUNDACION PROGRESIVA

DESCRIPCION	ANGULO (GRADOS)
COSTADO ESTRIBOR	-54.0

1

SISTEMA FORAN MODULO LOAD VERSION 50 RESULTADOS PAG. 041
FECHA - 11.07.28
CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

RESISTENCIA LONGITUDINAL

Situacion de carga "LC04" 100 CONS LASTRE

	VALOR (-ARRUFO/+QUEBRANTO)	CNA. NUMERO	ABSCISA A PERP. POPA
ESFUERZO CORTANTE MAXIMO POSITIVO	1328.67 T.	35.000	23.420 M.
ESFUERZO CORTANTE MAXIMO NEGATIVO	-993.34 T.	110.000	75.920 M.
MOMENTO FLECTOR MAXIMO POSITIVO	29854.24 TxM	61.000	41.620 M.
MOMENTO FLECTOR MAXIMO NEGATIVO	0.00 TxM	184.875	125.464 M.

1

SISTEMA FORAN MODULO LOAD VERSION 50 RESULTADOS PAG. 042
FECHA - 11.07.28
CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

Situacion de carga "LC05" 50 CONS LASTRE

OPCIONES SELECCIONADAS

Calculo estandar
Buque en aguas tranquilas
Peso especifico del agua de mar : 1.025 T/M3.
Descuento por gases : 2.0 %
Espesor de la plancha de quilla : 13 MM
Altura metacentrica calculada para la flotacion isocarena sin asiento
Abscisa referidas a la perpendicular de popa
Abscisa marca calado(Ppp): 0.00 M. Abscisa marca calado(Ppr): 116.00 M.
No se utilizan las caract. de las secciones del buque (calculo directo)

OPCIONES DE ESTABILIDAD

Angulos escora: 0.00 10.00 20.00 30.00 40.00 60.00 80.00
Criterio de estabilidad IMO seleccionado
Criterio de IMO de viento Area quilla de balance = 0.00 M2
Valores KN calculados con trimado fijo
Correccion por superficies libres por momentos escorantes reales
Correccion por superficies libres sin considerar escora y trimado
OPCIONES DE RESISTENCIA LONGITUDINAL

No se dibuja resistencia longitudinal

1

SISTEMA FORAN MODULO LOAD VERSION 50 RESULTADOS PAG. 043
FECHA - 11.07.28
CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

Situacion de carga "LC05" 50 CONS LASTRE

Cargas en compartimentos

----- datos usuario ----- CCCCCCCCCC valores calculados CCCCCCCCCC



IDSP	PF	DN	WT	CN	I	G	PF	DN	WT	CN	DESCRIPCION
9A03	45.0				N	D	45.00	1.000	26.1	6	AGUA DULCE SANITARIA
9A04	45.0				N	D	45.00	1.000	26.1	6	AGUA DULCE INDUSTRIAL
9A05	100.0				N	D	100.00	1.000	15.8	6	AGUA ALIMENTAC. CALDERAS
9A06	45.0				N	D	45.00	1.000	0.3	6	HIDROFORO AGUA FRIA
9A07	45.0				N	D	45.00	1.000	0.3	6	HIDROFORO AGUA CALIENTE
9A08	100.0				N	D	98.00	0.900	1.7	5	ACEITE DE BOCINA
9B01	100.0				N	D	98.00	0.900	16.7	5	ALMACEN ACEITE CAMISAS 1
9B02	100.0				N	D	98.00	0.900	17.6	5	ALMACEN ACEITE CAMISAS 2
9B03	100.0				N	D	98.00	0.850	11.2	4	SERVICIO DIARIO DO
9B04	100.0				N	D	98.00	0.850	11.6	4	SEDIMENTACION DO
9B05	100.0				N	D	98.00	0.920	46.9	3	SERVICIO DIARIO FO
9B06	60.0				N	D	60.00	0.920	6.6	3	REBOSES FO
9B07	85.0				N	D	85.00	0.900	14.1	5	SERVICIO ACEITE MOTOR
9B08	45.0				N	D	45.00	1.000	0.4	6	EXPANSION
9B11	60.0				N	D	60.00	1.000	8.9	7	LODOS
9B12	50.0				N	D	50.00	0.900	2.4	5	ALMACEN ACEITE MOTOR N1
9B13	50.0				N	D	50.00	0.900	2.4	5	ALMACEN ACEITE MOTOR N2
9B14	25.0				N	D	25.00	0.850	6.6	4	ALMACEN DO
9B16	100.0				N	D	98.00	0.920	23.7	3	SEDIMENTACION FO N2
9B17	85.0				N	D	85.00	0.900	1.1	5	SERVICIO ACEITE CAMISAS
9B18	60.0				N	D	60.00	1.000	4.9	7	AGUAS ACEITOSAS
9C03	100.0				N	D	100.00	1.025	152.6	1	DF 54-75 E
9C04	100.0				N	D	100.00	1.025	152.6	1	DF 54-75 B
9C07	100.0				N	D	100.00	1.025	249.3	1	LAT 54-75 E
9C08	100.0				N	D	100.00	1.025	249.3	1	LAT 54-75 B
9C09	50.0				N	D	50.00	0.920	92.9	3	COFF 72-75 E
9C10	50.0				N	D	50.00	0.920	92.9	3	COFF 72-75 B
9D01	100.0				N	D	100.00	1.025	140.2	1	DF 75-93 E
9D02	100.0				N	D	100.00	1.025	140.2	1	DF 75-93 B
9D03	100.0				N	D	100.00	1.025	144.5	1	DF 93-114 E
9D04	100.0				N	D	100.00	1.025	144.5	1	DF 93-114 B
9D05	100.0				N	D	100.00	1.025	149.2	1	LAT 75-93 E
9D06	100.0				N	D	100.00	1.025	149.2	1	LAT 75-93 B
9D07	100.0				N	D	100.00	1.025	318.2	1	LAT 93-114 E
9D08	100.0				N	D	100.00	1.025	318.2	1	LAT 93-114 B
9D09	50.0				N	D	50.00	0.920	92.8	3	COFF 111-114 E
9D10	50.0				N	D	50.00	0.920	92.8	3	COFF 111-114 B
9E01	100.0				N	D	100.00	1.025	74.0	1	DF 114-132 E
9E02	100.0				N	D	100.00	1.025	74.0	1	DF 114-132 B
9E03	100.0				N	D	100.00	1.025	27.5	1	DF 132-156 E
9E04	100.0				N	D	100.00	1.025	27.5	1	DF 132-156 B
9E05	100.0				N	D	100.00	1.025	414.4	1	LAT 114-132 E
9E06	100.0				N	D	100.00	1.025	414.4	1	LAT 114-132 B
9E07	100.0				N	D	100.00	1.025	403.1	1	LAT 132-156 E
9E08	100.0				N	D	100.00	1.025	403.1	1	LAT 132-156 B

1
 SISTEMA FORAN MODULO LOAD VERSION 50 RESULTADOS PAG. 044
 FECHA - 11.07.28
 CLIENTE - ETSIN FNAME
 DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

Situacion de carga "LC05" 50 CONS LASTRE

Otras cargas

NL	DESCRIPCION	PESO		ZCG		DFR		DFR		XCG		YCG	
		TM	S/B	M	AFR	M	FFR	M	AFR	M	M	M	CN
1	TRIPULACION	2.0	19.060	8	0.000	23	0.000	5.470	-0.00	0			
2	PERTRECHOS	5.0	12.200	8	0.000	23	0.000	5.470	-0.00	0			
3	ESTIBA	20.0	16.870	-8	0.000	185	0.610	62.880	-0.00	0			
4	VIVERES	2.0	13.200	21	0.000	23	0.000	0.700	-0.00	0			

1
 SISTEMA FORAN MODULO LOAD VERSION 50 RESULTADOS PAG. 045
 FECHA - 11.07.28
 CLIENTE - ETSIN FNAME
 DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

Situacion de carga "LC05" 50 CONS LASTRE

IDSP	DESCRIP.	WT	Z.C.G.	X.C.G.	INER.
		TONS.	M	M	M4



PESO EN ROSCA	4546.8	8.044	42.224	
9A03 AGUA DULCE SANITARIA	26.1	9.901	5.084	33.1
9A04 AGUA DULCE INDUSTRIAL	26.1	9.901	5.084	33.1
9A05 AGUA ALIMENTAC. CALDERAS	15.8	10.773	1.774	
9A06 HIDROFORO AGUA FRIA	0.3	9.341	1.380	0.1
9A07 HIDROFORO AGUA CALIENTE	0.3	9.341	3.309	0.1
9A08 ACEITE DE BOCINA	1.7	8.200	6.820	
9B01 ALMACEN ACEITE CAMISAS 1	16.7	9.743	13.474	
9B02 ALMACEN ACEITE CAMISAS 2	17.6	9.617	14.874	
9B03 SERVICIO DIARIO DO	11.2	7.397	17.083	
9B04 SEDIMENTACION DO	11.6	7.188	18.659	
9B05 SERVICIO DIARIO FO	46.9	7.078	21.831	
9B06 REBOSES FO	6.6	0.459	22.437	7.8
9B07 SERVICIO ACEITE MOTOR	14.1	1.012	18.045	40.6
9B08 EXPANSION	0.4	0.469	10.273	0.1
9B11 LODOS	8.9	0.530	22.231	13.5
9B12 ALMACEN ACEITE MOTOR N1	2.4	9.967	7.810	0.9
9B13 ALMACEN ACEITE MOTOR N2	2.4	9.960	8.810	0.9
9B14 ALMACEN DO	6.6	9.750	17.520	9.6
9B16 SEDIMENTACION FO N2	23.7	10.800	22.910	
9B17 SERVICIO ACEITE CAMISAS	1.1	9.837	15.030	0.1
9B18 AGUAS ACEITOSAS	4.9	0.397	9.542	1.2
9C03 DF 54-75 E	152.6	0.678	44.316	
9C04 DF 54-75 B	152.6	0.678	44.316	
9C07 LAT 54-75 E	249.3	4.465	43.820	
9C08 LAT 54-75 B	249.3	4.465	43.820	
9C09 COFF 72-75 E	92.9	4.025	50.370	127.6
9C10 COFF 72-75 B	92.9	4.025	50.370	127.6
9D01 DF 75-93 E	140.2	0.668	57.715	
9D02 DF 75-93 B	140.2	0.668	57.715	
9D03 DF 93-114 E	144.5	0.679	70.980	
9D04 DF 93-114 B	144.5	0.679	70.980	
9D05 LAT 75-93 E	149.2	5.270	57.718	
9D06 LAT 75-93 B	149.2	5.270	57.718	
9D07 LAT 93-114 E	318.2	4.362	71.440	
9D08 LAT 93-114 B	318.2	4.362	71.440	
9D09 COFF 111-114 E	92.8	4.033	77.669	127.6
9D10 COFF 111-114 B	92.8	4.033	77.669	127.6
9E01 DF 114-132 E	74.0	0.713	84.255	
9E02 DF 114-132 B	74.0	0.713	84.255	
9E03 DF 132-156 E	27.5	0.805	96.592	
9E04 DF 132-156 B	27.5	0.805	96.592	
9E05 LAT 114-132 E	414.4	5.581	85.117	
9E06 LAT 114-132 B	414.4	5.581	85.117	
9E07 LAT 132-156 E	403.1	5.470	97.489	
9E08 LAT 132-156 B	403.1	5.470	97.489	
TRIPULACION	2.0	19.060	10.350	
PERTRECHOS	5.0	12.200	10.350	

1

SISTEMA FORAN MODULO LOAD VERSION 50 RESULTADOS PAG. 046
FECHA - 11.07.28
CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

Situacion de carga "LC05" 50 CONS LASTRE

IDSP	DESCRIP.	WT TONS.	Z.C.G. M	X.C.G. M	INER. M4
	ESTIBA	20.0	16.870	58.000	
	VIVERES	2.0	13.200	14.320	
	DESPLAZAMIENTO	9338.7	6.085	55.927	
	C.G. S/BASE (CORREGIDO SUP. LIBRE)		6.150		

Abcisas referidas a la perpendicular de popa

1

SISTEMA FORAN MODULO LOAD VERSION 50 RESULTADOS PAG. 047
FECHA - 11.07.28
CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2



Situacion de carga "LC05"	50 CONS LASTRE	PESO CENTRO DE GRAVEDAD		
CONTENIDO		TM. S/BASE	M. A	PPP M.
AGUA DE LASTRE		4146.0	3.944	72.764
COMBUSTIBLE PESADO		448.6	4.653	56.811
COMBUSTIBLE LIGERO		29.4	7.839	17.805
ACEITE LUBRICANTE		56.1	7.484	14.438
AGUA DULCE		69.1	10.035	4.339
AGUA DE CALDERAS		13.8	0.483	17.734
OTRAS CARGAS		29.0	15.958	43.532
PESO MUERTO		4791.9	4.226	68.929
PESO EN ROSCA		4546.8	8.044	42.224
DESPLAZAMIENTO		9338.7	6.085	55.927

1

SISTEMA FORAN	MODULO LOAD	VERSION 50	RESULTADOS	PAG. 048
CLIENTE	- ETSIN		FECHA - 11.07.28	FNAM
DESCRIPCION DEL BUQUE	- PORTA-CONTENEDORES 650 TEU			tes2

Situacion de carga "LC05" 50 CONS LASTRE

FLOTACION DE EQUILIBRIO

=====

CALADOS (TRAZADO)	PERPENDICULAR DE POPA =	6.402	M
	PERPENDICULAR DE PROA =	4.928	M
	MEDIO =	5.665	M
	ASIENTO (POPA) =	1.474	M
CALADOS (EN LAS MARCAS)	POPA =	6.415	M
(REFERIDOS AL FONDO DEL CASCO)	PROA =	4.941	M
CALADOS (EN LAS MARCAS)	POPA =	6.402	M
(REFERIDOS A LA LINEA BASE)	PROA =	4.928	M
MOMENTO PARA CAMBIAR EL TRIMADO 1 CM	MCT =	124.5	T
CENTRO DE GRAVEDAD (P.P.) LCG =	KG =	6.085	M
CENTRO DE CARENA (P.P.) LCB =	KB =	3.038	M
CENTRO DE FLOTACION (P.P.) LCF =			

FLOTACION ISOCARENA SIN ASIENTO

=====

CALADO (DE TRAZADO) =	5.672	M	
ALTURA METACENTRICA	GM =	3.093	M
ALTURA METACENTRICA CORREGIDA	GMC =	3.028	M
METACENTRO TRANSVERSAL	KM =	9.178	M

CURVAS DE ESTABILIDAD

=====

ANG	KN	GZ	DN
(DEG)	(M)	(M)	MM*RADIAN
=====	=====	=====	=====
0.00	0.000	0.000	0.00
10.00	1.630	0.563	47.45
20.00	3.341	1.238	202.84



30.00	5.109	2.032	488.72
40.00	6.595	2.633	900.64
60.00	7.809	2.443	1825.36
80.00	7.549	1.442	2526.88

1

SISTEMA FORAN MODULO LOAD VERSION 50 RESULTADOS PAG. 049
----- FECHA - 11.07.28
CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

***** CRITERIO DE IMO *****

SE CUMPLE EL CRITERIO DE IMO

Item	Valor Real	Valor Limite
MAXIMO BRAZO ADRIZANTE = 2.738 M. A =	46.1 GR.	25.0 GR. OK
MAXIMO GZ ENTRE 30.0 GR. - 55.8 GR. =	2.738 M.	0.200 M. OK
ESTAB. DINAMICA ENTRE 0.0 GR. - 30.0 GR. =	488.7 MM*RAD	55.0 MM*RAD OK
ESTAB. DINAMICA ENTRE 0.0 GR. - 40.0 GR. =	900.6 MM*RAD	90.0 MM*RAD OK
ESTAB. DINAMICA ENTRE 30.0 GR. - 40.0 GR. =	411.9 MM*RAD	30.0 MM*RAD OK
GM - ALTURA METACENTRICA CORREGIDA =	3.0 M.	0.150 M. OK

SE CUMPLE EL CRITERIO DE VIENTO DE IMO

AREA B = 70.292 GR*M MAYOR QUE AREA A = 14.052 GR*M
ANGULO DE ESCORA = 2.22 GR ANGULO DE BALANCE = 21.23 GR
ANGULO LIMITE = 50.00 GR BRAZO VIENTO CONSTANTE = 0.117 M
AREA EXPUESTA AL VIENTO = 1898.93 M2 ALTURA C. DE GRAVEDAD 13.984 M

1

SISTEMA FORAN MODULO LOAD VERSION 50 RESULTADOS PAG. 050
----- FECHA - 11.07.28
CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

SITUACION DE LOS PUNTOS DE REFERENCIA, INUNDACION Y ABERTURAS

Puntos de Referencia :

Descripcion	Nfr	Dfr(m)	Hp(m.)	Ndk	yp(m.)	D.W(m)	AngI
COSTADO BABOR	-99	8.370	15.070	base	7.500	8.774	55.8

Aberturas no protegidas (Tipo FLUS) :

Descripcion	Nfr	Dfr(m)	Hp(m.)	Ndk	yp(m.)	D.W(m)	AngI
COSTADO ESTIBOR	-99	8.370	15.070	base	-7.500	8.774	-55.8

ABERTURA DE INUNDACION PROGRESIVA

DESCRIPCION	ANGULO (GRADOS)
COSTADO ESTIBOR	-55.8

1

SISTEMA FORAN MODULO LOAD VERSION 50 RESULTADOS PAG. 051
----- FECHA - 11.07.28
CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

RESISTENCIA LONGITUDINAL

=====

Situacion de carga "LC05" 50 CONS LASTRE

	VALOR (-ARRUFO/+QUEBRANTO)	CNA. NUMERO	ABSCISA A PERP. POPA
ESFUERZO CORTANTE MAXIMO POSITIVO	1312.87 T.	35.000	23.420 M.
ESFUERZO CORTANTE MAXIMO NEGATIVO	-917.70 T.	110.000	75.920 M.
MOMENTO FLECTOR MAXIMO POSITIVO	29805.67 TxM	65.000	44.420 M.
MOMENTO FLECTOR MAXIMO NEGATIVO	0.00 TxM	184.875	125.464 M.



Proyecto 1624 PORTACONTENEDORES 650 TEU'S
Cuaderno 9: SITUACIONES DE CARGA Y RESISTENCIA LONGITUDINAL

1

SISTEMA FORAN MODULO LOAD VERSION 50 RESULTADOS PAG. 052
FECHA - 11.07.28
CLIENTE - ETSIN FNAM
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

Situacion de carga "LC06" 10 CONS LASTRE

OPCIONES SELECCIONADAS

Calculo estandar
Buque en aguas tranquilas
Peso especifico del agua de mar : 1.025 T/M3.
Descuento por gases : 2.0 %
Espesor de la plancha de quilla : 13 MM
Altura metacentrica calculada para la flotacion isocarena sin asiento
Abscisas referidas a la perpendicular de popa
Abscisa marca calado(Ppp): 0.00 M. Abscisa marca calado(Ppr): 116.00 M.
No se utilizan las caract. de las secciones del buque (calculo directo)

OPCIONES DE ESTABILIDAD

Angulos escora: 0.00 10.00 20.00 30.00 40.00 60.00 80.00
Criterio de estabilidad IMO seleccionado
Criterio de IMO de viento Area quilla de balance = 0.00 M2
Valores KN calculados con trimado fijo
Correccion por superficies libres por momentos escorantes reales
Correccion por superficies libres sin considerar escora y trimado
OPCIONES DE RESISTENCIA LONGITUDINAL

No se dibuja resistencia longitudinal

1

SISTEMA FORAN MODULO LOAD VERSION 50 RESULTADOS PAG. 053
FECHA - 11.07.28
CLIENTE - ETSIN FNAM
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

Situacion de carga "LC06" 10 CONS LASTRE

Cargas en compartimentos

datos usuario				CCCCCCCCC				valores		calculados		CCCCCCCCC
IDSP	PF	DN	WT	CN	I	G	PF	DN	WT	CN	DESCRIPCION	
9A03	10.0			N	D		10.00	1.000	5.8	6	AGUA DULCE SANITARIA	
9A04	10.0			N	D		10.00	1.000	5.8	6	AGUA DULCE INDUSTRIAL	
9A05	100.0			N	D		100.00	1.000	15.8	6	AGUA ALIMENTAC. CALDERAS	
9A06	10.0			N	D		10.00	1.000	0.1	6	HIDROFORO AGUA FRIA	
9A07	10.0			N	D		10.00	1.000	0.1	6	HIDROFORO AGUA CALIENTE	
9A08	100.0			N	D		98.00	0.900	1.7	5	ACEITE DE BOCINA	
9B01	100.0			N	D		98.00	0.900	16.7	5	ALMACEN ACEITE CAMISAS 1	
9B02	100.0			N	D		98.00	0.900	17.6	5	ALMACEN ACEITE CAMISAS 2	
9B03	50.0			N	D		50.00	0.850	5.7	4	SERVICIO DIARIO DO	
9B04	100.0			N	D		98.00	0.850	11.6	4	SEDIMENTACION DO	
9B05	100.0			N	D		98.00	0.920	46.9	3	SERVICIO DIARIO FO	
9B06	60.0			N	D		60.00	0.920	6.6	3	REBOSES FO	
9B07	85.0			N	D		85.00	0.900	14.1	5	SERVICIO ACEITE MOTOR	
9B08	45.0			N	D		45.00	1.000	0.4	6	EXPANSION	
9B11	60.0			N	D		60.00	1.000	8.9	7	LODOS	
9B12	10.0			N	D		10.00	0.900	0.5	5	ALMACEN ACEITE MOTOR N1	
9B13	10.0			N	D		10.00	0.900	0.5	5	ALMACEN ACEITE MOTOR N2	
9B16	50.0			N	D		50.00	0.920	12.1	3	SEDIMENTACION FO N2	
9B17	85.0			N	D		85.00	0.900	1.1	5	SERVICIO ACEITE CAMISAS	
9B18	60.0			N	D		60.00	1.000	4.9	7	AGUAS ACEITOSAS	
9C03	100.0			N	D		100.00	1.025	152.6	1	DF 54-75 E	
9C04	100.0			N	D		100.00	1.025	152.6	1	DF 54-75 B	
9C07	100.0			N	D		100.00	1.025	249.3	1	LAT 54-75 E	
9C08	100.0			N	D		100.00	1.025	249.3	1	LAT 54-75 B	
9C09	10.0			N	D		10.00	0.920	18.6	3	COFF 72-75 E	
9C10	10.0			N	D		10.00	0.920	18.6	3	COFF 72-75 B	
9D01	100.0			N	D		100.00	1.025	140.2	1	DF 75-93 E	
9D02	100.0			N	D		100.00	1.025	140.2	1	DF 75-93 B	
9D03	100.0			N	D		100.00	1.025	144.5	1	DF 93-114 E	
9D04	100.0			N	D		100.00	1.025	144.5	1	DF 93-114 B	



9D05	100.0	N D	100.00	1.025	149.2	1	LAT	75-93	E
9D06	100.0	N D	100.00	1.025	149.2	1	LAT	75-93	B
9D07	100.0	N D	100.00	1.025	318.2	1	LAT	93-114	E
9D08	100.0	N D	100.00	1.025	318.2	1	LAT	93-114	B
9D09	10.0	N D	10.00	0.920	18.6	3	COFF	111-114	E
9D10	10.0	N D	10.00	0.920	18.6	3	COFF	111-114	B
9E01	100.0	N D	100.00	1.025	74.0	1	DF	114-132	E
9E02	100.0	N D	100.00	1.025	74.0	1	DF	114-132	B
9E05	100.0	N D	100.00	1.025	414.4	1	LAT	114-132	E
9E06	100.0	N D	100.00	1.025	414.4	1	LAT	114-132	B
9E07	100.0	N D	100.00	1.025	403.1	1	LAT	132-156	E
9E08	100.0	N D	100.00	1.025	403.1	1	LAT	132-156	B

1

SISTEMA FORAN MODULO LOAD VERSION 50 RESULTADOS PAG. 054

FECHA - 11.07.28

CLIENTE - ETSIN

FNAME

DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU

tes2

Situacion de carga "LC06" 10 CONS LASTRE

Otras cargas

NL	DESCRIPCION	PESO		ZCG		DFR		DFR		XCG		YCG	
		TM	S/B	M	AFR	M	FFR	M	A/AFR	M	M	CN	
1	TRIPULACION	2.0	19.060		8	0.000	23	0.000		5.470	-0.00	0	
2	PERTRECHOS	5.0	12.200		8	0.000	23	0.000		5.470	-0.00	0	
3	ESTIBA	20.0	16.870		-8	0.000	185	0.610		62.880	-0.00	0	
4	VIVERES	2.0	13.200	21		0.000	23	0.000		0.700	-0.00	0	

1

SISTEMA FORAN MODULO LOAD VERSION 50 RESULTADOS PAG. 055

FECHA - 11.07.28

CLIENTE - ETSIN

FNAME

DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU

tes2

Situacion de carga "LC06" 10 CONS LASTRE

IDSP	DESCRIP.	WT	Z.C.G.	X.C.G.	INER.
		TONS.	M	M	M4
	PESO EN ROSCA	4546.8	8.044	42.224	
9A03	AGUA DULCE SANITARIA	5.8	9.363	5.105	27.6
9A04	AGUA DULCE INDUSTRIAL	5.8	9.363	5.105	27.6
9A05	AGUA ALIMENTAC. CALDERAS	15.8	10.773	1.774	
9A06	HIDROFORO AGUA FRIA	0.1	9.231	1.380	0.1
9A07	HIDROFORO AGUA CALIENTE	0.1	9.231	3.309	0.1
9A08	ACEITE DE BOCINA	1.7	8.200	6.820	
9B01	ALMACEN ACEITE CAMISAS 1	16.7	9.743	13.474	
9B02	ALMACEN ACEITE CAMISAS 2	17.6	9.617	14.874	
9B03	SERVICIO DIARIO DO	5.7	6.490	17.094	4.5
9B04	SEDIMENTACION DO	11.6	7.188	18.659	
9B05	SERVICIO DIARIO FO	46.9	7.078	21.831	
9B06	REBOSES FO	6.6	0.459	22.437	7.8
9B07	SERVICIO ACEITE MOTOR	14.1	1.012	18.045	40.6
9B08	EXPANSION	0.4	0.469	10.273	0.1
9B11	LODOS	8.9	0.530	22.231	13.5
9B12	ALMACEN ACEITE MOTOR N1	0.5	9.361	7.811	0.8
9B13	ALMACEN ACEITE MOTOR N2	0.5	9.357	8.811	0.8
9B16	SEDIMENTACION FO N2	12.1	10.100	22.910	18.0
9B17	SERVICIO ACEITE CAMISAS	1.1	9.837	15.030	0.1
9B18	AGUAS ACEITOSAS	4.9	0.397	9.542	1.2
9C03	DF 54-75 E	152.6	0.678	44.316	
9C04	DF 54-75 B	152.6	0.678	44.316	
9C07	LAT 54-75 E	249.3	4.465	43.820	
9C08	LAT 54-75 B	249.3	4.465	43.820	
9C09	COFF 72-75 E	18.6	1.845	50.370	127.6
9C10	COFF 72-75 B	18.6	1.845	50.370	127.6
9D01	DF 75-93 E	140.2	0.668	57.715	
9D02	DF 75-93 B	140.2	0.668	57.715	
9D03	DF 93-114 E	144.5	0.679	70.980	
9D04	DF 93-114 B	144.5	0.679	70.980	
9D05	LAT 75-93 E	149.2	5.270	57.718	
9D06	LAT 75-93 B	149.2	5.270	57.718	
9D07	LAT 93-114 E	318.2	4.362	71.440	



9D08	LAT 93-114 B	318.2	4.362	71.440	
9D09	COFF 111-114 E	18.6	1.854	77.666	127.6
9D10	COFF 111-114 B	18.6	1.854	77.666	127.6
9E01	DF 114-132 E	74.0	0.713	84.255	
9E02	DF 114-132 B	74.0	0.713	84.255	
9E05	LAT 114-132 E	414.4	5.581	85.117	
9E06	LAT 114-132 B	414.4	5.581	85.117	
9E07	LAT 132-156 E	403.1	5.470	97.489	
9E08	LAT 132-156 B	403.1	5.470	97.489	
	TRIPULACION	2.0	19.060	10.350	
	PERTRECHOS	5.0	12.200	10.350	
	ESTIBA	20.0	16.870	58.000	
	VIVERES	2.0	13.200	14.320	

1

SISTEMA FORAN MODULO LOAD VERSION 50 RESULTADOS PAG. 056

CLIENTE - ETSIN FECHA - 11.07.28
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU FNAME tes2

DESPLAZAMIENTO 8918.1 6.137 55.757
C.G. S/BASE (CORREGIDO SUP. LIBRE) 6.204

Abscisas referidas a la perpendicular de popa

1

SISTEMA FORAN MODULO LOAD VERSION 50 RESULTADOS PAG. 057

CLIENTE - ETSIN FECHA - 11.07.28
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU FNAME tes2

Situacion de carga "LC06" 10 CONS LASTRE

CONTENIDO	PESO	CENTRO DE GRAVEDAD	
	TM. S/BASE	M. A PPP	M.
AGUA DE LASTRE	4091.0	3.986	72.444
COMBUSTIBLE PESADO	139.9	4.250	44.339
COMBUSTIBLE LIGERO	17.3	6.958	18.144
ACEITE LUBRICANTE	52.2	7.287	14.896
AGUA DULCE	28.0	10.016	3.296
AGUA DE CALDERAS	13.8	0.483	17.734
OTRAS CARGAS	29.0	15.958	43.532
PESO MUERTO	4371.3	4.152	69.834
PESO EN ROSCA	4546.8	8.044	42.224
DESPLAZAMIENTO	8918.1	6.137	55.757

1

SISTEMA FORAN MODULO LOAD VERSION 50 RESULTADOS PAG. 058

CLIENTE - ETSIN FECHA - 11.07.28
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU FNAME tes2

Situacion de carga "LC06" 10 CONS LASTRE



FLOTACION DE EQUILIBRIO

=====

CALADOS (TRAZADO)	PERPENDICULAR DE POPA =	6.226	M
	PERPENDICULAR DE PROA =	4.663	M
	MEDIO =	5.444	M
	ASIENTO (POPA) =	1.563	M
CALADOS (EN LAS MARCAS)	POPA =	6.239	M
(REFERIDOS AL FONDO DEL CASCO)	PROA =	4.676	M
CALADOS (EN LAS MARCAS)	POPA =	6.226	M
(REFERIDOS A LA LINEA BASE)	PROA =	4.663	M
MOMENTO PARA CAMBIAR EL TRIMADO 1 CM	MCT =	121.4	T
CENTRO DE GRAVEDAD (P.P.) LCG =	55.757	M	KG = 6.137 M
CENTRO DE CARENA (P.P.) LCB =	55.714	M	KB = 2.921 M
CENTRO DE FLOTACION (P.P.) LCF =	57.003	M	

FLOTACION ISOCARENA SIN ASIENTO

=====

CALADO (DE TRAZADO) =	5.449	M
ALTURA METACENTRICA	GM =	3.114 M
ALTURA METACENTRICA CORREGIDA	GMC =	3.046 M
METACENTRO TRANSVERSAL	KM =	9.250 M

CURVAS DE ESTABILIDAD

=====

ANG (DEG)	KN (M)	GZ (M)	DN MM*RADIAN
=====	=====	=====	=====
0.00	0.000	0.000	0.00
10.00	1.641	0.565	47.60
20.00	3.363	1.244	203.68
30.00	5.135	2.041	490.73
40.00	6.634	2.661	905.69
60.00	7.873	2.529	1851.04
80.00	7.588	1.509	2581.61

1

SISTEMA FORAN MODULO LOAD VERSION 50 RESULTADOS PAG. 059
----- FECHA - 11.07.28
CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

***** CRITERIO DE IMO *****

SE CUMPLE EL CRITERIO DE IMO

Item	Valor Real	Valor Limite
MAXIMO BRAZO ADRIANTE = 2.786 M. A =	46.8 GR.	25.0 GR. OK
MAXIMO GZ ENTRE 30.0 GR. - 57.1 GR. =	2.786 M.	0.200 M. OK
ESTAB. DINAMICA ENTRE 0.0 GR. - 30.0 GR. =	490.7 MM*RAD	55.0 MM*RAD OK
ESTAB. DINAMICA ENTRE 0.0 GR. - 40.0 GR. =	905.7 MM*RAD	90.0 MM*RAD OK
ESTAB. DINAMICA ENTRE 30.0 GR. - 40.0 GR. =	415.0 MM*RAD	30.0 MM*RAD OK
GM - ALTURA METACENTRICA CORREGIDA =	3.0 M.	0.150 M. OK

SE CUMPLE EL CRITERIO DE VIENTO DE IMO

AREA B =	70.514 GR*M	MAYOR QUE	AREA A =	14.610 GR*M
ANGULO DE ESCORA =	2.35 GR	ANGULO DE BALANCE =	21.56 GR	
ANGULO LIMITE =	50.00 GR	BRAZO VIENTO CONSTANTE =	0.124 M	
AREA EXPUESTA AL VIENTO =	1925.06 M2	ALTURA C. DE GRAVEDAD	13.868 M	

1

SISTEMA FORAN MODULO LOAD VERSION 50 RESULTADOS PAG. 060
----- FECHA - 11.07.28
CLIENTE - ETSIN FNAME
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

SITUACION DE LOS PUNTOS DE REFERENCIA, INUNDACION Y ABERTURAS

Puntos de Referencia :

Descripcion Nfr Dfr(m) Hp(m.) Ndk yp(m.) D.W(m) AngI



COSTADO BABOR -99 8.370 15.070 base 7.500 8.956 57.1

Aberturas no protegidas (Tipo FLUS) :

Descripcion	Nfr	Dfr(m)	Hp(m.)	Ndk	yp(m.)	D.W(m)	AngI
COSTADO ESTRIBOR	-99	8.370	15.070	base	-7.500	8.956	-57.1

ABERTURA DE INUNDACION PROGRESIVA

DESCRIPCION	ANGULO (GRADOS)
COSTADO ESTRIBOR	-57.1

1

SISTEMA FORAN	MODULO LOAD	VERSION 50	RESULTADOS	PAG. 061
-----				FECHA - 11.07.28
CLIENTE	- ETSIN			FNAM
DESCRIPCION DEL BUQUE	- PORTA-CONTENEDORES 650 TEU			tes2

RESISTENCIA LONGITUDINAL

=====

Situacion de carga "LC06" 10 CONS LASTRE

	VALOR (-ARRUFO/+QUEBRANTO)	CNA. NUMERO	ABSCISA A PERP. POPA
	-----	-----	-----
ESFUERZO CORTANTE MAXIMO POSITIVO	1294.89 T.	35.000	23.420 M.
ESFUERZO CORTANTE MAXIMO NEGATIVO	-846.28 T.	110.000	75.920 M.
MOMENTO FLECTOR MAXIMO POSITIVO	29802.64 TxM	67.000	45.820 M.
MOMENTO FLECTOR MAXIMO NEGATIVO	0.00 TxM	0.000	0.000 M.

1

SISTEMA FORAN	MODULO LOAD	VERSION 50	RESULTADOS	PAG. 062
-----				FECHA - 11.07.28
CLIENTE	- ETSIN			FNAM
DESCRIPCION DEL BUQUE	- PORTA-CONTENEDORES 650 TEU			tes2

P R O C E S O C O M P L E T A D O

HORA - 14.03.57

=====



Proyecto 1624 PORTACONTENEDORES 650 TEU'S

Cuaderno 9: **SITUACIONES DE CARGA Y RESISTENCIA LONGITUDINAL**

FORMAS DEFINIDAS CON EL MODULO FORMT

F. DATOS : F. RESULTADOS:lc01-06y.lis F. DIBUJO :



ANEXO II

ESTABILIDAD EN AVERÍAS. MÉTODO PROBABILÍSTICO



Proyecto 1624 PORTACONTENEDORES 650 TEU'S
Cuaderno 9: **SITUACIONES DE CARGA Y RESISTENCIA LONGITUDINAL**

1

S.A. FECHA - 11.09.01 HORA - 12.20.56

S I S T E M A F O R A N
=====

MODULO F6/4P VERSION 50

SUBDIVISION Y ESTABILIDAD EN AVERIAS

(CALCULO PROBABILISTA)



CLIENTE - ETSIN FNAM
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2
1
SISTEMA FORAN MODULO F6/4P VERSION 50 DATOS PAG. 000
----- FECHA - 11.09.01
CLIENTE - ETSIN FNAM
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

FICHERO DE COMANDOS

SHIP CARG
DECK 1
*** Aceptada la definicion de la cubierta de compartimentado ***
Calculado: Eslora subdivision= 125.007(m),Centro buque(per.pp)= 58.214 (m)
Calculado:Limite popa Ls(p.pp)= -4.290(m),Limite proa Ls(p.pp)= 120.717 (m)
LOAD DEEP LC01
LOAD PART LC05
PRIN EQFL YES
PRIN OPEN YES
PRIN FULL
ITER STAN
DEF ABCD
** Se empieza a definir la condicion de subdivision : ABCD **
COMP A001 156 END 8F04 9F01
COMP A002 114 156 9E02 9E04 9E06 9E08
WING A002 BMED 1.500
COMP A003 114 156 8E01 9E10
CENT A003
COMP A004 75 114 9D02 9D04 9D06 9D08
WING A004 BMED 1.500

1
SISTEMA FORAN MODULO F6/4P VERSION 50 DATOS PAG. 002
----- FECHA - 11.09.01
CLIENTE - ETSIN FNAM
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2

FICHERO DE COMANDOS

COMP A005 75 114 8D01 9D10
CENT A005
COMP A006 36 75 9C02 9C04 9C06 9C08
WING A006 BMED 1.500
COMP A007 36 75 8C01 9C10
CENT A007
COMP A008 12 36 8B01
COMP A009 END 12 8A08 9A02
COMP A000 159 164 8F03
GRUP 003 A004 A005
GRUP 004 A006 A007
GRUP 005 A002 A001 A003
GRUP 006 A002 A003 A004 A005
GRUP 007 A004 A005 A006 A007
GRUP 008 A006 A007 A008
GRUP 009 A008 A009
GRUP 001 A000 A001
GRUP 002 A002 A003
SUMA 003 004 005 006 007 008 009 +
001 002 A000 A001 A008 A009
END
RUN

1
SISTEMA FORAN MODULO F6/4P VERSION 50 DATOS PAG. 003
----- FECHA - 11.09.01
CLIENTE - ETSIN FNAM
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU tes2



 ! LISTADO DE LAS ABERTURAS QUE SE TENDRAN EN CUENTA EN LOS CALCULOS !

Nombre abertura	Tipo	Descripcion	Cuad+a	Distan. pr(m)	Abscisa a perp.pp(m)	Semimanga (m),bab>0	Altura (m)	so ... bre
ABE2	REFE	COSTADO BABOR	13	0.350	8.370	7.500	15.070	base
ABE1	FLUS	COSTADO ESTRIBOR	13	0.350	8.370	-7.500	15.070	base

SISTEMA FORAN MODULO F6/4P VERSION 50 RESULTADOS PAG. 135

 CLIENTE - ETSIN FECHA - 11.09.01
 DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU FNAME tes2

 ! CONDICION DE SUBDIVISION : ABCD !

 ! SITUACION DE PLENA CARGA : CALADO POPA = 7.998 M !
 ! CALADO PROA = 6.506 M !
 ! KG CORREGIDO = 8.988 M !

Nombre del compartimento	Cuad popa	Cuad proa	Factor pi	Factor vi	Factor si	Indice A 0.5pivisi
A000	159	164	0.00288	1.00000	1.00000	0.00144
A001	156	177	0.08446	1.00000	1.00000	0.04223
A008	12	36	0.04016	1.00000	1.00000	0.02008
A009	-8	12	0.02813	1.00000	1.00000	0.01406

SUMA '0.5pivisi' de COMPARTIMENTOS = 0.07781

Nombre grupo	Num.de comp.	Cuad popa	Cuad proa	Factor pi	Factor vi	Factor si	Indice A 0.5pivisi	Profund. de averia
001	1	159	164	0.00288	1.00000	1.00000	0.00144	
002	1	114	156	0.05268	1.00000	1.00000	0.02634	casco
002	1	114	156	0.13095	1.00000	0.00000	0.00000	casco+mamp
003	1	75	114	0.04771	1.00000	1.00000	0.02385	casco
003	1	75	114	0.11780	1.00000	0.00000	0.00000	casco+mamp
004	1	36	75	0.03745	1.00000	1.00000	0.01872	casco
004	1	36	75	0.09246	1.00000	0.00000	0.00000	casco+mamp
009	2	-8	36	0.03532	1.00000	0.00000	0.00000	
005	2	114	177	0.02064	1.00000	1.00000	0.01032	casco
005	2	114	177	0.06642	1.00000	0.00000	0.00000	casco+mamp
008	2	12	75	0.01382	1.00000	0.00000	0.00000	casco
008	2	12	75	0.04274	1.00000	0.00000	0.00000	casco+mamp
006	2	75	156	0.02263	1.00000	0.83793	0.00948	casco
006	2	75	156	0.07329	1.00000	0.00000	0.00000	casco+mamp
007	2	36	114	0.02118	1.00000	0.00000	0.00000	casco
007	2	36	114	0.06757	1.00000	0.00000	0.00000	casco+mamp

SUMA '0.5pivisi' de GRUPOS = 0.09015

SUMA '0.5pivisi' TOTAL , SIT. PLENA CARGA = 0.5*Apl = 0.16797



1

SISTEMA FORAN MODULO F6/4P VERSION 50 RESULTADOS PAG. 136

CLIENTE - ETSIN FECHA - 11.09.01
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU FNAME tes2

! CONDICION DE SUBDIVISION : ABCD !

! SITUACION DE CARGA PARCIAL : CALADO POPA = 6.402 M !
! CALADO PROA = 4.928 M !
! KG CORREGIDO = 6.150 M !

Nombre del compartimento	Cuad popa	Cuad proa	Factor pi	Factor vi	Factor si	Indice A 0.5pivisi
A000	159	164	0.00288	1.00000	1.00000	0.00144
A001	156	177	0.08446	1.00000	1.00000	0.04223
A008	12	36	0.04016	1.00000	1.00000	0.02008
A009	-8	12	0.02813	1.00000	1.00000	0.01406

SUMA '0.5pivisi' de COMPARTIMENTOS = 0.07781

Nombre grupo	Num.de comp.	Cuad popa	Cuad proa	Factor pi	Factor vi	Factor si	Indice A 0.5pivisi	Profund. de averia
001	1	159	164	0.00288	1.00000	1.00000	0.00144	
002	1	114	156	0.05268	1.00000	1.00000	0.02634	casco
002	1	114	156	0.13095	1.00000	1.00000	0.06548	casco+mamp
003	1	75	114	0.04771	1.00000	1.00000	0.02385	casco
003	1	75	114	0.11780	1.00000	1.00000	0.05890	casco+mamp
004	1	36	75	0.03745	1.00000	1.00000	0.01872	casco
004	1	36	75	0.09246	1.00000	1.00000	0.04623	casco+mamp
009	2	-8	36	0.03532	1.00000	1.00000	0.01766	
005	2	114	177	0.02064	1.00000	1.00000	0.01032	casco
005	2	114	177	0.06642	1.00000	1.00000	0.03321	casco+mamp
008	2	12	75	0.01382	1.00000	1.00000	0.00691	casco
008	2	12	75	0.04274	1.00000	0.00000	0.00000	casco+mamp
006	2	75	156	0.02263	1.00000	1.00000	0.01132	casco
006	2	75	156	0.07329	1.00000	1.00000	0.03665	casco+mamp
007	2	36	114	0.02118	1.00000	1.00000	0.01059	casco
007	2	36	114	0.06757	1.00000	1.00000	0.03378	casco+mamp

SUMA '0.5pivisi' de GRUPOS = 0.40140

SUMA '0.5pivisi' TOTAL , SIT. CARGA PARCIAL = 0.5*Apa = 0.47921



1

SISTEMA FORAN MODULO F6/4P VERSION 50 RESULTADOS PAG. 137

CLIENTE - ETSIN FECHA - 11.09.01
DESCRIPCION DEL BUQUE - PORTA-CONTENEDORES 650 TEU FNAME tes2

! CONDICION DE SUBDIVISION : ABCD !

! ESLORA DE SUBDIVISION (Ls) = 125.007 M !

! SITUACION DE PLENA CARGA : CALADO POPA = 7.998 M !
! CALADO PROA = 6.506 M !
! KG CORREGIDO = 8.988 M !

! SITUACION DE CARGA PARCIAL : CALADO POPA = 6.402 M !
! CALADO PROA = 4.928 M !
! KG CORREGIDO = 6.150 M !

SUMA '0.5pivisi' de COMPARTIMENTOS, SIT. PLENA CARGA = 0.07781
SUMA '0.5pivisi' de GRUPOS, SITUACION DE PLENA CARGA = 0.09015

SUMA '0.5pivisi' TOTAL , SIT. PLENA CARGA = 0.5*Apl = 0.16797

SUMA '0.5pivisi' de COMPARTIMENTOS, SIT. CARGA PARCIAL = 0.07781
SUMA '0.5pivisi' de GRUPOS, SITUACION DE CARGA PARCIAL = 0.40140

SUMA '0.5pivisi' TOTAL , SIT. CARGA PARCIAL = 0.5*Apa = 0.47921

! INDICE DE SUBDIVISION ALCANZADO = A = 0.5*Apl+0.5*Apa = 0.64717 !

! INDICE DE SUBDIVISION REQUERIDO = R = (c1+c2*Ls)**1/3 = 0.48560 !

! A= 0.64717 > R= 0.48560 EL BUQUE CUMPLE LA REGULACION IMO MSC.19(58) !
! ----- !



Proyecto 1624 PORTACONTENEDORES 650 TEU'S
Cuaderno 9: **SITUACIONES DE CARGA Y RESISTENCIA LONGITUDINAL**

1

SISTEMA FORAN	MODULO	F6/4P VERSION 50	RESULTADOS	PAG. 138
-----				FECHA - 11.09.01
CLIENTE	- ETSIN			FNAM
DESCRIPCION DEL BUQUE	- PORTA-CONTENEDORES 650 TEU			tes2

P R O C E S O C O M P L E T A D O

HORA - 12.21.04
=====

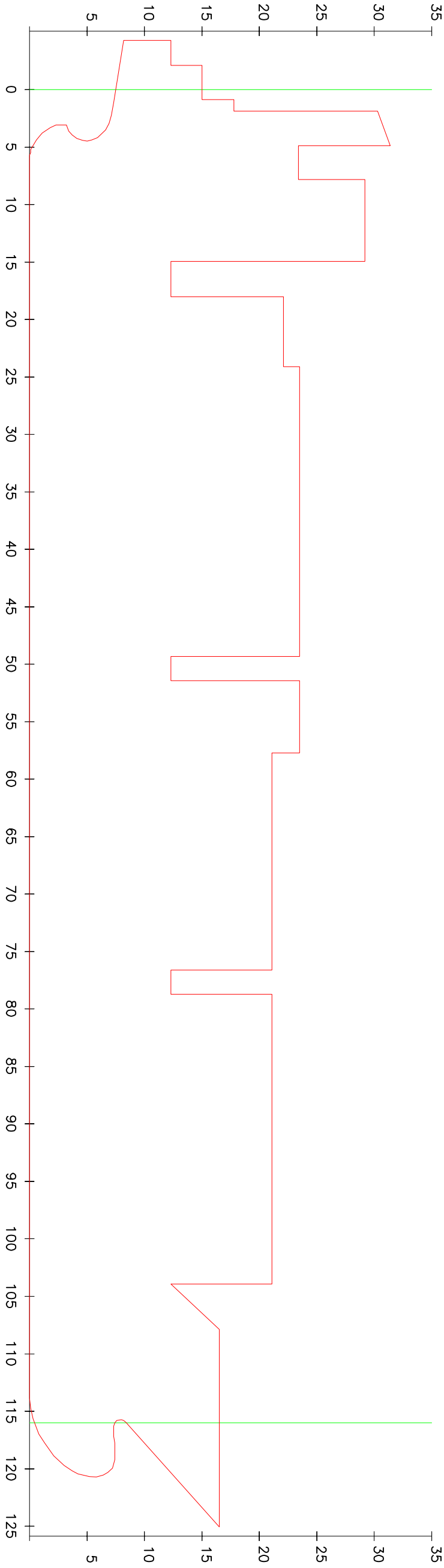
FORMAS DEFINIDAS CON EL MODULO FORMT

F. DATOS :casozc.dat F. RESULTADOS:casozc.lis F. DIBUJO :tes2casozc.d



ANEXO III

PERFIL DE VIENTO



ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS NAVALES	
Jesús María Rodríguez Sanz Carlos Sánchez Cobo	
PORTA—CONTENEDORES 650 TEU	SISTEMA FORAN MODULO LOAD
PERFIL VIENTO	

ESCALA 1 CM = 4.0 M

--LOS EJES ESTAN GRADUADOS EN METROS--

**INDICE:**

1	EQUIPO DE FONDEO, AMARRE Y REMOLQUE	4
1.1	NUMERAL DE EQUIPO.	4
1.2	CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO.	4
2	EQUIPO DE SALVAMENTO	9
2.1	BOTE DE CAÍDA LIBRE.....	9
2.2	BALSAS SALVAVIDAS.....	10
2.3	BOTE DE RESCATE.	10
2.4	AROS SALVAVIDAS.	10
2.5	CHALECOS SALVAVIDAS.....	11
2.6	TRAJES DE INMERSIÓN.	11
2.7	APARATOS LANZACABOS.....	11
2.8	RESTO DE EQUIPOS.	11
3	EQUIPO DE ACHIQUE Y LASTRE.....	12
3.1	COLECTOR PRINCIPAL DE ACHIQUE DE SENTINAS.....	12
3.2	DIÁMETRO DE LOS RAMALES.....	13
3.3	CAUDAL DE LAS BOMBAS DE LASTRE Y SENTINAS.	14
3.3.1	Bombas de sentinas de las bodegas.....	15
3.4	SEPARADOR DE SENTINAS.	17
4	SERVICIO DE BALDEO Y CONTRAINCENDIO	19
5	EQUIPO DE EXTINCION DE INCENDIOS	21
5.1	SISTEMA POR CO ₂	21
5.2	EXTINTORES PORTÁTILES Y OTROS ELEMENTOS.	23
5.3	SISTEMAS DE ESPUMA.	24
5.4	SISTEMA DE BOMBAS, TUBERÍAS Y MANGUERAS.	24
5.5	SISTEMA DE DETECCIÓN DE INCENDIOS Y ALARMA.	25
6	SERVICIO SANITARIO.....	26
6.1	EQUIPO DE SUMINISTRO DE AGUA SANITARIA Y POTABLE	26
7	SERVICIO DE FONDA Y HOTEL	29
7.1	COCINA Y OFICIOS.	29
7.2	GAMBUZA.....	29
7.3	LAVANDERÍA.	30
8	SERVICIO DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE Y VENTILACION ...	30



8.1	VENTILACIÓN DE BODEGAS DE CARGA.....	30
8.2	AIRE ACONDICIONADO.	30
8.3	VENTILACIÓN DE LA CÁMARA DE MÁQUINAS.....	34
8.3.1	Aire para la combustión.....	34
8.3.2	Aire para la disipación de calor.	35
8.3.3	Extracción de aire de la cámara de máquinas.	37
9	SERVICIO DE ESTIBA	37
10	EQUIPO DE RADIOCOMUNICACIONES Y NAVEGACION.....	38
10.1	EQUIPO DE RADIOCOMUNICACIONES.	38
10.2	EQUIPO DE NAVEGACIÓN.	39
11	INSTALACIONES DE CONTROL Y AUTOMATIZACION.....	40
12	HELICE DE MANIOBRA DE PROA.....	40
13	SERVICIO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y BASURA. 42	
13.1	SERVICIO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.	42
13.2	SERVICIO DE BASURAS.....	42
14	ALUMBRADO DEL BUQUE	44
14.1	LUCES DE NAVEGACIÓN.	44
14.2	LUCES DE SEÑALES.	45
14.3	LUCES PARA ATRAVESAR ALGUNOS CANALES.	45
14.4	LUZ DE MORSE.	45
15	EQUIPO DE MANTENIMIENTO	54
15.1	TALLERES DE MÁQUINAS Y ELÉCTRICO	54
15.2	PUENTES GRÚA.....	55
16	SERVICIO DE VAPOR.....	55
16.1	CONSUMIDORES DE VAPOR.....	60
16.1.1	Tanques almacén de HFO.....	60
16.1.2	Tanque de sedimentación de HFO.....	61
16.1.3	Tanque de servicio diario de HFO.	61
16.1.4	Calentador de combustible del motor principal.	62
16.1.5	Tanque de reboses de combustible.....	63
16.1.6	Tanque de lodos.	64
16.1.7	Precalentador de la depuradora de combustible.....	64
16.1.8	Precalentador de la purificadora de aceite.	65
16.1.9	Calefacción de aire de la habitación.	66
16.1.10	Calentador de agua dulce sanitaria.....	66
16.1.11	Servicios de hotel.....	66
16.1.12	Tanque almacén de aceite del motor principal.....	66
16.1.13	Tanque de servicio diario de aceite del motor principal.	67
16.1.14	Tanque de aceite sucio	68
16.1.15	Tanque almacén aceite de camisas.....	69
16.1.16	Tanque de servicio de aceite de las camisas.	70
16.1.17	Tanque de aguas aceitosas.	70



16.1.18	Separador de aguas aceitosas	71
16.1.19	Pérdidas del servicio de vapor.	71
16.1.20	Balance de vapor.....	71
16.2	OTROS ELEMENTOS DEL SISTEMA GENERADOR DE VAPOR.....	73
16.2.1	Enfriador de purgas.....	73
16.2.2	Tanque de agua de alimentación de las calderas.....	74
16.2.3	Bombas de alimentación de agua de las calderas.....	74
16.2.4	Bombas de alimentación de la caldera de gases de escape.	74
16.2.5	Condensador y bomba de extracción de condensado.....	75
17	ANEXOS	75



1 EQUIPO DE FONDEO, AMARRE Y REMOLQUE

1.1 NUMERAL DE EQUIPO.

El Bureau Veritas nos indica el siguiente valor para hallar el numeral de equipo:

$$NA = \Delta^2 / 8 + 2 \cdot h \cdot B + A / 10$$

Siendo:

Δ el desplazamiento a máximo calado ($\Delta=12724$ t).

B la manga de trazado ($B=21$ m).

h la distancia desde el techo de la superestructura con manga mayor a $B/4$ a la flotación de verano ($h=21,6$ m).

A el área de perfil del casco, superestructuras y casetas por encima de la flotación cuya manga sea mayor de $B/4$ ($A=690,9$ m²).

Con lo que tendremos $NA=1521$.

1.2 CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO.

Con el valor obtenido en el punto anterior obtenemos en la tabla del reglamento del Bureau Veritas (Part B, Chapter 10, Section 4) los elementos necesarios para un correcto amarre, fondeo y remolque de nuestro buque, que constará de:

Número de anclas a instalar: 3 (1 de respeto)

Peso de cada ancla: 4590 Kg

Largo total de cadenas: 550 m (20 largos de 27,5 m).

Número de grilletes: 20 tipo Kenter

Diámetro del eslabón: 68 mm de calidad Q1, 60 mm de calidad Q2 y 52 mm de calidad Q3. Para todos los cálculos de dimensionamiento de los equipos de



fondeo, amarre y remolque se usará calidad Q1 al ser elementos de mayor peso y dimensiones que los de calidad Q2 y Q3.

Si se usan anclas de alto poder de agarre el Bureau Veritas permite reducir su peso hasta en un 25 %, si es de muy alto poder de agarre se podrá reducir hasta en un 50 %. Nuestro buque no instalará anclas de este tipo al no ser obligatorias por los distintos reglamentos.

Amarras

La normativa del Bureau Veritas (Part B, Chapter 10, Section 4, Table 3) indicará el número de amarras necesarias en nuestro buque. Son valores orientativos y no son requisitos para su clasificación. Se obtendrán mediante el numeral de equipo y sus valores serán:

Número de líneas de amarre: 5.

Longitud mínima de cada línea de amarre: 190 m.

Carga de rotura: 324 KN.

Estos datos son para amarras fabricadas de fibra natural.

Cable de remolque

Como en el caso anterior estos valores son orientativos. La longitud de cable según el Bureau Veritas (Part B, Chapter 10, Section 4, Table 3) deberá tener las siguientes características:

Longitud mínima: 220 m.

Carga de rotura: 889 KN.

Estos datos son para cables de acero.



Molinete

Para el cálculo del molinete se cogerá la peor condición posible, que es la de eslabones de cadenas de calidad Q1. La potencia de molinete viene definida por la siguiente expresión:

$$P = \frac{(P_a + P_c) \cdot 0,87 \cdot V \cdot f}{60 \cdot 75 \cdot \eta_r}$$

Siendo:

P_a el peso del ancla, 4590 Kg.

P_c el peso de 4 largos de cadena, un grillete final para el ancla y 3 grilletes Kenter, 10775 Kg ($4 \cdot 2602,64 + 4 \cdot 48,4 + 116,1$).

V la velocidad de izado (8-12 m/min), 12 m/min.

f el coeficiente de rozamiento, estopor y cadena. 2

η_r el rendimiento mecánico del molinete, 0,65.

$$P = 109,7 \text{ c.v.} = 81 \text{ KW}$$

La relación de velocidades será:

$$\frac{v}{v_1} = 1 + \frac{2 \cdot P_a}{0,87 \cdot (P_c + P_a)} = 1,687$$

$$v_1 = 7,11 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Comprobamos que el molinete da ese valor mínimo de velocidad:

$$v_1 = \frac{P \cdot 60 \cdot 75 \cdot 0,65}{0,87 \cdot (P_{\text{todas las largas}} + P_a) \cdot 2} = 5,9 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$



Como vemos, la velocidad de elevación considerando todos los largos de cadena y el ancla es menor que la calculada en primer lugar. Tomamos como velocidad corta el valor más pequeño.

Maquinillas de proa y popa

Dispondremos de cuatro maquinillas, dos a proa y dos a popa, uno a cada banda. La velocidad de giro cuando la amarra se encuentra sin tensión será de alrededor de 30 m/s y con tensión del orden de 15 m/s. Se dimensionarán los cabrestantes para la máxima tensión de las estachas, obtendremos entonces:

$$P = R \cdot F \cdot V$$

Siendo:

R, el radio del cabestrante, 0,35m.

F, la carga de rotura de la estacha, 324 KN.

v, la velocidad de recogida de estacha en operaciones de amarre, se supondrá con tensión, 15 m/min=0,25 m/s.

Obtendremos así:

$$P = 28,35 \text{ c.v.} \approx 21 \text{ KW}$$

Volumen de caja de cadenas

Para hallar este dato se supondrá que utilizamos una cadena de eslabón clase Q1, ya que es el de mayor diámetro.

El volumen aparente de este espacio en m³, se calcula mediante la fórmula:

$$V = 0,082 \cdot d^2 \cdot L \cdot 10^{-4}$$



Siendo:

d el diámetro del redondo del eslabón en mm.

L la longitud de la cadena en m.

Se obtendrá de este modo:

$$V=10,5 \text{ m}^3$$

Este cálculo no considera el espacio para instalar la rejilla de drenaje de fangos arrastrados por la cadena, ni el de la caída de la cadena o el acceso a la caja. Por lo tanto a la altura determinada de este modo hay que incrementarla 1,2 m debido a la caída y 0,4 por el drenaje. De este modo la caja de cadenas tendrá una altura de 6,3 m y un área de 1,5 x 1,5 m.

Diámetro del escobén

Para hallar este dato se supondrá que utilizamos una cadena de eslabón clase Q1, ya que es el de mayor diámetro.

Se obtiene con la siguiente expresión:

$$D=d \cdot k$$

Siendo:

D el diámetro mínimo del interior de la bocina del escobén en mm.

d el diámetro del redondo del eslabón de la cadena.



k un coeficiente que toma el valor:

10,4 para $d=25$ mm

7,5 para $d=100$ mm

Interpolándose para un valor intermedio.

$k=8,737$

Se obtendrá de este modo:

$D=595$ mm

Otros elementos del equipo de fondeo, amarre y remolque.

Se colocarán al menos 5 bitas en proa y otras tantas en popa. En la cubierta de intemperie dispondremos entre el castillo y la superestructura bitas a una separación de unos 40 m. Para el remolque se colocan dos a proa y otras dos a popa.

Además existen cornamusas, gateras, panamás y fair-leaders como elementos auxiliares a las distintas maniobras que pueda realizar el barco.

2 EQUIPO DE SALVAMENTO

El equipo de salvamento será el indicado por el SOLAS, que nos indica lo siguiente:

2.1 BOTE DE CAÍDA LIBRE.

Se colocará a popa un bote de caída libre del tipo semicerrado fabricado de material compuesto o aluminio y de una capacidad para 17 personas. Tendrá propulsión diesel refrigerado por agua y dispondrá de estructura de lanzamiento. La velocidad en pruebas no será menos a 6 nudos. La distancia



desde el extremo de popa del bote a la hélice tras la caída, ha de ser mayor que 1,5 veces la eslora del bote. Además se instalará un bote de salvamento en proa, con capacidad para 6 personas por si algún tripulante quedare aislado en proa. Se instalará en proa babor, en la banda contraria al bote de rescate para que se pudiese arriar uno de estos botes en caso de escora del buque.

2.2 BALSAS SALVAVIDAS.

El barco debe llevar balsas salvavidas hinchables con capacidad máxima igual al total de la tripulación en cada banda.

2.3 BOTE DE RESCATE.

Se instala un bote de servicio para 6 personas fabricado de poliéster reforzado con motor fueraborda. Se dispone de una grúa para su izado y arriado. La grúa puede trabajar también como grúa de provisiones. Se instalará en popa estribor.

2.4 AROS SALVAVIDAS.

Se deben colocar aros salvavidas con rabiza y luz de encendido automático distribuidos de tal manera que estén fácilmente disponibles a ambas bandas, estibándose de manera que sea posible soltarlos de forma rápida, no estando sujetos por elementos de fijación permanente. El número mínimo será de 10. Al menos dos de ellos deberán tener baliza flotante, otros dos artefactos luminosos y otras dos señales fumígenas.



2.5 CHALECOS SALVAVIDAS.

Debe de haber uno por persona. Se colocan de manera que se puedan coger de manera fácil y el emplazamiento estará claramente indicado. Todos los chalecos dispondrán de un artefacto luminoso y silbato.

2.6 TRAJES DE INMERSIÓN.

Se debe tener un traje de inmersión para cada una de las personas designadas como tripulantes del bote de rescate o como miembros de la cuadrilla encargada del sistema de evacuación marino.

2.7 APARATOS LANZACABOS.

Se dispondrá de aparatos lanzacabos capaces de lanzarlos a más de 23 m.

2.8 RESTO DE EQUIPOS.

Se debe tener además:

- Por lo menos tres aparatos radioteléfonicos portátiles y bidireccionales.
- Radiobaliza.
- Cuatro cohetes y cuatro guías.
- Señales de socorro radiotelegráficas y radiotelefónicas.
- Proyector eléctrico de señales.
- Doce cohetes con paracaídas capaces de producir luz roja brillante.
- Dos señales fumígenas.
- Escalas reales y planchada de desembarco.
- Un respondedor de radar.
- Sistema de alarmas y comunicaciones formado por un equipo fijo o portátil para comunicaciones bidireccionales entre puestos de control, emergencia y puntos estratégicos.



- Sistema de alarma general con megafonía y apagado del hilo musical automático en caso de activación del sistema de alarma.

3 EQUIPO DE ACHIQUE Y LASTRE

Se necesita un sistema de achique de sentinas que permita evacuar cualquier local estanco, por lo menos desde una aspiración, cuando el buque sin asiento ni trimado esté adrizado o con una escora menor a 5°.

Se instalará tanto en bodegas y en la cámara de máquinas pozos de achique y aspiraciones en las esquinas de cada banda.

Los circuitos de achique y lastre serán independientes entre sí y de los demás circuitos de cargas líquidas, pero ambos compartirán bombas junto con los servicios generales.

Como nuestro buque posee una eslora mayor a 90 m es necesario instalar dos bombas mecánicas independientes del tipo centrífuga auto cebada accionada por un motor eléctrico y que se situará en la cámara de máquinas. La presión diferencial debe ser suficiente para elevar el agua desde los tanques de doble fondo y sentinas para expulsarla al exterior.

3.1 COLECTOR PRINCIPAL DE ACHIQUE DE SENTINAS.

Discurre a lo largo de la eslora de la embarcación, de él parten las diferentes ramificaciones hacia las canastillas y aspiraciones de los distintos compartimentos.

El diámetro interior de esta tubería de acuerdo con el B.V. viene definido por la fórmula:

$$d = 25 + 1,68 \cdot \sqrt{[L \cdot (B + H)]}$$



Siendo:

d el diámetro interior del colector principal en mm.

L la eslora entre perpendiculares.

B la manga de trazado.

H el puntal.

Siendo por lo tanto $d=129,26$ mm

Se cogerá un diámetro comercial que no difiera más de 5 mm de este valor, tal y como permite el B.V.

Se pondrá un colector de 140 mm con 6 mm de espesor, con lo que se tendrá un diámetro interior de 128 mm con una tolerancia dada por el fabricante de 0,7 mm que cumple con la reglamentación.

3.2 DIÁMETRO DE LOS RAMALES.

El diámetro mínimo de los distintos ramales que parten del colector principal vienen definidos por la fórmula:

$$d_i = 25 + 2,16 \cdot \sqrt{L_i \cdot (B + H)}$$

Siendo:

d_i diámetro del ramal.

L_i la eslora del departamento que achica.

B la manga de trazado.

H el puntal.



Se calculará el ramal de las bodegas al ser los espacios más significativos y grandes que poseerá la embarcación. Se tendrá de este modo para cada bodega un diámetro de ramal igual a:

$$d_t = 84,6 \text{ mm}$$

Se cogerá un diámetro comercial que no difiera más de 5 mm de este valor, tal y como permite el B.V.

Se pondrá un colector de 95 mm con 4,5 mm de espesor, con lo que se tendrá un diámetro interior de 86 mm con una tolerancia dada por el fabricante de 0,45 mm que cumple con la reglamentación.

El resto de los compartimentos se calcularán del mismo modo.

3.3 CAUDAL DE LAS BOMBAS DE LASTRE Y SENTINAS.

Según la reglamentación de la Sociedad de Clasificación, la velocidad del líquido ha de ser mayor de 2 m/s El caudal mínimo se obtiene con la fórmula:

$$Q = 0,00565 \cdot d^2 = 0,00565 \cdot 128^2 = 92,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

Siendo d el diámetro interior del colector principal.

Las bombas han de ser capaces de deslastrar el buque a la misma velocidad con la que se carga para no sumergir las marcas de francobordo. Considerando un ritmo de carga de 27 contenedores a la hora con un peso medio de 13 t, tendremos una tasa de 351 t/h lo que equivale a 342 m³/h.

Como vemos, este segundo condicionante nos marca la capacidad de las bombas pues son compartidas por el servicio general, el de lastre y el de



achique. La fórmula que nos calcula las características de las bombas instaladas, es:

$$P_k = \frac{0,736 \cdot Q \cdot mca \cdot 1026}{3600 \cdot 75 \cdot \eta}$$

Siendo:

$\eta=0,7$

Q el caudal. Lo tomamos igual a 180 m³/h, así damos un margen a la bomba.

mca los metros de columna de agua. Se toman 25 m.c.a.

De esta manera, instalaremos las siguientes bombas:

Bombas de lastre y sentinas	
Unidades instaladas/en servicio	3/2
Tipo	Centrífuga autocebada
Caudal	180 m ³ /h
Presión	25 m.c.a.
Potencia eléctrica	18 KW

3.3.1 Bombas de sentinas de las bodegas.

Como nuestro buque no tendrá escotillas en bodegas, se deberá cumplir los requisitos de las “directrices provisionales para buques portacontenedores sin tapas de escotillas”, que indicará que el sistema de bombeo de sentinas de las bodegas debe tener la siguiente capacidad mínima de bombeo:

- El caudal máximo de embarque de agua en condiciones de navegación marítima en cualquiera de las bodegas abiertas no deberá exceder de 400 mm/h por el área de escotilla. 181,44 m³/h.



- Una cantidad igual a 100 mm/h de agua de lluvia a pesar de que se instalen cubiertas contra lluvia. 45,46 m³/h.

Además deberá cumplir que deberá haber tres bombas al menos, con las siguientes características:

- Una de las bombas deberá tener la capacidad de bombeo como mínimo la indicada anteriormente. 181,44 m³/h.
- La capacidad combinada de las otras dos juntas no será inferior como mínimo al anterior valor. 181,44 m³/h.

Bombas de sentinas de bodegas.	
Unidades instaladas/en servicio	3/1
Tipo	Centrífuga autocebada
Caudal	185 m ³ /h
Presión	25 m.c.a.
Potencia eléctrica	19 KW

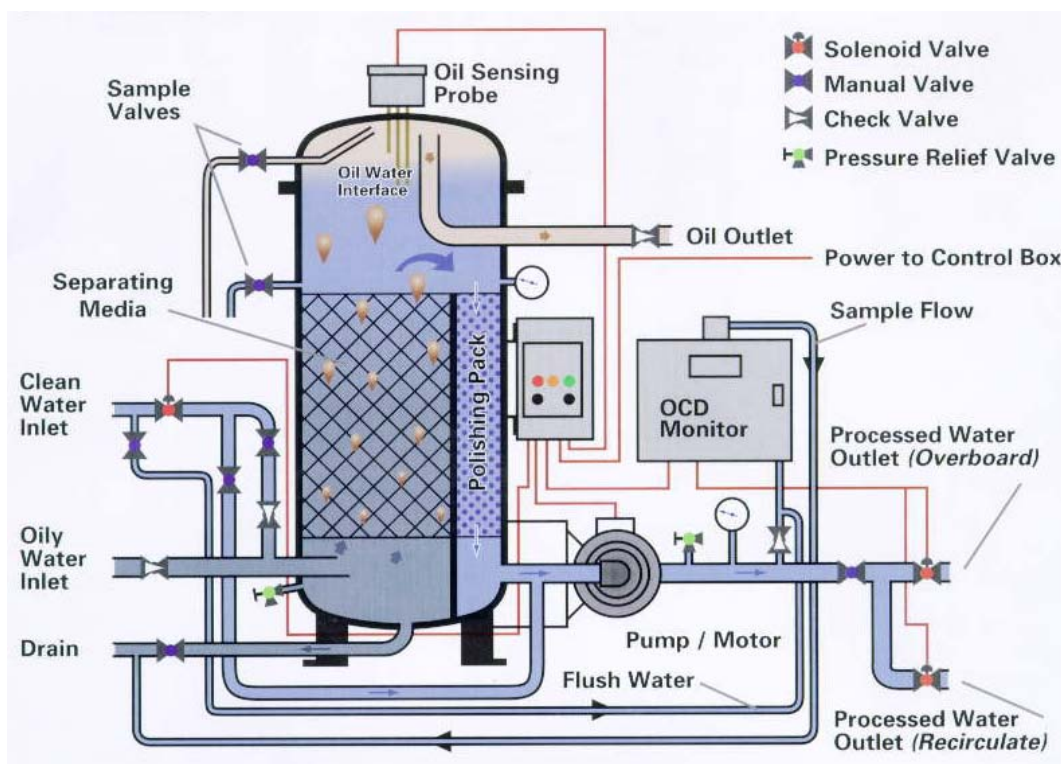
Las bombas centrífugas auto cebadas de gran caudal, como las instaladas en los dos puntos anteriores (bombas de sentina y lastre), tienen el inconveniente de que cuando el tanque del que extraen el agua está casi vacío aspiran aire, descebándose. Para evitar esto, instalamos una bomba alternativa de menos caudal que utilizaremos para achicar las pérdidas de los circuitos cámara de máquinas y de las bodegas el agua que haya podido entrar y para terminar de deslastrar los tanques.



Bomba de agotamiento	
Unidades instaladas/en servicio	1/1
Tipo	Alternativa
Caudal	15 m ³ /h
Presión	25 m.c.a.
Potencia eléctrica	2,2 KW

3.4 SEPARADOR DE SENTINAS.

Para cumplir con lo exigido en MARPOL se instalará un separador de aguas oleaginosas estático de 3 m³/h de capacidad, con lo cual cumpliría que debe vaciar los pocetes de sentinas de cámara de máquinas en menos de media hora. Dispondrá de un dispositivo de descarga manual para el aceite separado y con un serpentín de calefacción de vapor, el cual será capaz de producir efluente cuyo contenido de hidrocarburos no exceda 15 ppm. Tendrá un dispositivo automático de detección cuando el contenido en hidrocarburos sobrepase dicho valor. El agua limpia se descarga al mar y los hidrocarburos son enviados al tanque de aguas aceitosas. Un esquema del separador de sentinas se puede ver en la siguiente figura:



Se tiene también que instalar un separador de descarga automático y controlado con dispositivo para conectar a la sentina con el arranque y parada de la bomba automático para el nivel de sentinas.

Con estos datos tenemos que las características de la bomba que necesitaremos serán:

Bomba del separador de sentinas	
Unidades instaladas/en servicio	1/1
Tipo	Centrífuga autocebada
Caudal	3 m ³ /h
Presión	25 m.c.a.
Potencia eléctrica	0,5 KW



4 SERVICIO DE BALDEO Y CONTRAINCENDIO

El SOLAS en su capítulo II-2 (regla 10: lucha contra incendios) establece que las bombas sanitarias, las de lastre, las de sentina y las de servicios generales podrán ser consideradas como bombas contraincendios siempre que no se utilicen normalmente para bombear combustibles, y que si se destinan de vez en cuando a trasvasar o elevar combustible líquido, estén dotadas de los dispositivos de cambios apropiados. A pesar de esto instalaremos bombas independientes contraincendios de accionamiento eléctrico.

Se instalan dos bombas por ser el arqueado bruto mayor de 1000 GT y una bomba de emergencia. El caudal de agua excederá al menos en cuatro tercios el caudal que debe evacuar cada una de las bombas de sentina, aunque no será necesario que la capacidad total exigida de las bombas contraincendios exceda de 180 m³/h.

$$Q_{CIT} = \frac{4}{3} \cdot q_{sentina} = \frac{4}{3} \cdot 100 = 133,33 \text{ m}^3/\text{h}$$

De este modo las bombas de sentinas podrán ser capaces de achicar el agua empleada en la extinción del incendio al poseer mayor caudal.

Cada una de las bombas contraincendios tendrá una capacidad no inferior al 80% de la capacidad total exigida dividida por el número mínimo de bombas contraincendios prescritas, que nunca será de menos de 25 m³/h.

$$q_{CI} = \max\left(\frac{80\% \cdot Q_{CIT}}{n}; 25\right) = \max(53,33; 25) = 53,33 \text{ m}^3/\text{h}$$



El Convenio SOLAS exige, para el caudal de las bombas contraincendios descargando a través de cualesquiera bocas contraincendios, una presión en las mismas de $0,25 \text{ N/mm}^2$ (2,5 bar).

Para el servicio contraincendios necesitamos una presión mayor al resto de los servicios, por lo que tendremos dos bombas totalmente independientes. Son necesarios 6 bares como mínimo en cualquier punto del sistema y debe ser mantenida en todo momento.

La presión de descarga de las bombas es tal que pueda alcanzar la cubierta más alta con suficiente presión como para pulverizar el agua (5 bar) y suponiendo las pérdidas de carga en las tuberías del 20%.

$$P = (\text{Altura en m de la cubierta} + \text{bares} \times 10) \times 1,2 = (25,2 + 50) \times 1,2 = 90,24 \text{ m.c.a.}$$

Las bombas tendrán las características siguientes:

Bombas Contraincendios	
Unidades instaladas/en servicio	2/2
Tipo	Centrífuga autocebada
Caudal	$53,33 \text{ m}^3/\text{h}$
Presión	9 bar
Potencia eléctrica	28 KW

El caudal recoge la exigencia del SOLAS que indica que para los buques de carga no es necesario de que exceda los $180 \text{ m}^3/\text{h}$.

La bomba fija de emergencia de accionamiento independiente, situada en un recinto totalmente aislado de las anteriores, con una capacidad mayor al 40% de la capacidad total del servicio contraincendios exigida en el SOLAS. Tendrá las siguientes características:



Bomba Contraincendio de Emergencia	
Unidades instaladas/en servicio	1/1
Tipo	Centrífuga autocebada
Caudal	53,33 m ³ /h
Presión	9 m.c.a.
Potencia eléctrica	28 KW

Deben poder accionarse desde el puente a través de un telemando al no tener en la cámara de máquinas una dotación permanente. La bomba de emergencia está situada en el local de de la hélice de proa, es del tipo sumergible y tiene un sistema de accionamiento independiente desde el cuadro de socorro. Se separa de las principales para que en caso de emergencia no queden inutilizadas todas a la vez.

Para el baldeo de las cubiertas se usa el sistema contra incendios pero con menor presión.

5 EQUIPO DE EXTINCION DE INCENDIOS

El barco debe estar provisto de medios que permita limitar la extensión de un incendio, localizar el mismo y proceder a la extinción.

SEVIMAR establece las directrices básicas y las características de los equipos que se pueden instalar en un buque para prevenir, detectar y extinguir los incendios a bordo.

5.1 SISTEMA POR CO₂.

Se dispone una instalación de extinción de incendios por gas CO₂ en cámara de máquinas, bodegas, local generador de emergencia, local de servomotor, local de purificadoras, pañol de pinturas y local de la hélice propulsora. El CO₂



se almacena en cilindros de acero de alta presión que están instalados dentro del compartimento que se indica en el plano de disposición general , instalándose los elementos apropiados para el ponderado y manejo de los cilindros. Las botellas para los locales de almacenamiento de pintura y de la hélice de maniobra se instalan en el castillo de proa.

Se dispone de un dispositivo de descarga de inundación total a través de uno o más cilindros piloto que serán accionados in-situ para la descarga del gas a alta presión a un dispositivo que abrirá los restantes cilindros. El sistema tiene una alarma neumática o eléctrica que será accionada cuando la puerta de la caja donde están el disparador principal y las válvulas se abre. Cuando se suelta el gas en la cámara de máquinas deben detenerse los ventiladores de la cámara de máquinas, para ello se dispone de los elementos necesarios.

El sistema actuará en los siguientes espacios:

- Cámara de máquinas.
- Local de purificadoras.
- Local del generador de emergencia.
- Local del servomotor.
- Pañol de pinturas.
- Local de la hélice de maniobras.

El volumen necesario de gas, de acuerdo con lo estipulado por el SOLAS, deberá ser suficiente para inundar totalmente el mayor de los espacios protegidos, que es:

- 35 % del volumen de la cámara de máquinas incluido el guardacalor. Se obtendrá un valor de alrededor de 1100 m³.



Como la densidad del CO_2 es de $1,887 \text{ Kg/m}^3$, la masa de dióxido de carbono que se necesitará será de 2076 Kg. Como cada botella de CO_2 tendrá 45 Kg se necesitarán 47 botellas.

Las botellas serán almacenadas en un local situado en la ubicación señalada en el plano de disposición general y que es accesible desde la cubierta principal del barco. La puerta de acceso, mamparos y cubiertas límites han de ser estancos al gas.

Se instala un sistema automático de rociadores, alarma y detección de incendios en cámara de máquinas y habilitación. Los indicadores de alarma estarán situados en el puente de mando.

5.2 EXTINTORES PORTÁTILES Y OTROS ELEMENTOS.

Se colocan extintores portátiles de distintos tipos (polvo químico, espuma, CO_2 de fácil acceso en las distintas zonas de la embarcación de acuerdo a las reglas y reglamentos. Han de estar debidamente señalizados.

Dispondremos de dos equipos de bomberos compuestos por:

- Indumentaria protectora.
- Botas y guantes de goma no conductora a la electricidad.
- Casco rígido.
- Lámpara eléctrica de seguridad de al menos tres horas de funcionamiento.
- Un hacha.
- Aparato de respiración autónomo accionado por aire comprimido con capacidad de 200 l de aire o un funcionamiento de tres horas, junto con casco y máscara antihumo.



5.3 SISTEMAS DE ESPUMA.

Se disponen tres generadores de espuma portátiles, uno para el motor principal, otro para los motores auxiliares y el último para los contenedores sobre cubierta.

5.4 SISTEMA DE BOMBAS, TUBERÍAS Y MANGUERAS.

Instalaremos un sistema antiincendios provisto de bombas, colector, bocas y mangueras. La toma de mar en la obra viva que permite la entrada de agua de mar se emplea simultáneamente en el servicio contraincendios y sentinas. Dispondremos de cuatro tomas de mar distribuidas de manera que inunde el colector principal.

El diámetro del colector contraincendios será tal que la velocidad del agua en su interior no sea mayor de 2 m/s y que permita un caudal de 140 m³/h (caudal total de las bombas contraincendios de 133,33 m³/s) con una presión de 0,25 N/mm². El cálculo se obtiene:

$$D_t = 2 \cdot \left(\frac{140}{2 \cdot \pi \cdot 3600} \right)^{1/2} = 157 \text{ mm}$$

Adaptándolo a diámetro comercial, el colector y las tuberías serán de 160 mm.

Dispondremos de un número suficiente de bocas para poder actuar sobre cualquier punto al menos con dos mangueras. Cumpliéndose lo mismo en el interior incluso con todas las puertas estancas cerradas. Las lanzas son de doble efecto (aspersión y chorro) disponiendo de un dispositivo de cierre. Todos los accesorios de las mangueras y lanzas han de ser intercambiables.

La presión de salida del sistema contraincendios se logra mediante el equipo hidróforo. Consta de un tanque hidróforo al que llega una tubería de aire



comprimido, dos medidores de presión una bomba y un sistema de válvulas. Un medidor de presión se encuentra a la entrada y el otro a la salida. Si la presión es menor de 6,5 bares se activará la bomba alimentando por uno de los colectores principales. Este equipo protege también de las subidas de presión en las tuberías, disponiéndose para ello de una válvula tarada en 9 bares.

En las zonas de habilitación y espacios públicos dispondremos de aspersores de agua a presión, dando al menos un caudal de $5 \text{ l/m}^2 \cdot \text{min}$

5.5 SISTEMA DE DETECCIÓN DE INCENDIOS Y ALARMA.

Se encontrará conectado a dos fuentes de energía independientes (red eléctrica y baterías) y monitoriza de manera que en cualquier momento se puede conocer el estado de los distintos elementos.

El cuadro de control está situado en el puente de navegación e indica tanto la sección en la que se produce la alarma como el tipo de alarma. Desde él se puede conocer el estado y controlar los siguientes elementos:

- Indicación, apertura y cierre de las puertas contraincendios.
- Apertura y cierre de las puertas estancas.
- Ventiladores de los sistemas de ventilación y extracción.
- Sistemas de comunicaciones.
- Micrófono del sistema megafónico.

Habrán también detectores de humos, llamas y temperatura según las indicaciones de las reglamentaciones. Se dispondrá también de puntos de aviso manuales de incendios a una distancia entre ellos menor de 20 m.



6 SERVICIO SANITARIO

6.1 EQUIPO DE SUMINISTRO DE AGUA SANITARIA Y POTABLE

Hay dos tanques de presión con sus correspondientes bombas, uno para agua sanitaria fría y otra para agua caliente.

Calculamos la capacidad de las bombas suponiendo que en la punta de consumo el 60 % de la tripulación gasta 0,5 l/s, de este modo obtenemos:

$$Q = \frac{0,5 \cdot 17 \cdot 3600 \cdot 0,6}{1000} = 18,36 \text{ m}^3/\text{h} \approx 20 \text{ m}^3/\text{h}$$

Se instalarán por tanto dos bombas de agua dulce, una de ellas de respeto de 20 m³/h

La presión diferencial de las bombas debe ser tal que el agua procedente del tanque almacén pueda llegar y salir por el servicio más alto pasando por el tanque hidróforo. Supondremos una presión de arranque y parada de 10 m.c.a.

$$P = (d + c + e) - a = (20 + 26,8 + 5) - 7 = 44,8 \text{ m. c. a.}$$

Siendo:

a, la altura del tanque sobre la bomba, 7 m.

c, altura del servicio más alto, 26,8 m.

d, diferencia de presión arranque-parada de la bomba, 20 m.c.a.

e, pérdidas de carga y suplemento para que salga con la presión suficiente, 5 m.c.a.

Considerando el rendimiento de la bomba de 0,6, tendrán las siguientes características:



Bombas de Agua Sanitaria	
Unidades instaladas/en servicio	2/1
Tipo	Centrífuga autocebada
Caudal	20 m ³ /h
Presión	4,5 bar
Potencia eléctrica	4 KW

Como el caudal de las bombas es de 20 m³/h, el volumen de agua que puede incluir cada tanque hidróforo considerando 6 arrancadas por hora de la bomba será de:

$$V = \frac{(d + c + s) - a + 10 \cdot Q}{2 \cdot g \cdot s} = 0,625 \text{ m}^3$$

Las bombas arrancarán y pararán automáticamente bajo control de un interruptor de presión situado en el tanque. Instalaremos un tanque de presión de acero galvanizado y tendrá una ventana para ver el nivel, preostato y válvula de desagüe.

Se instalará una unidad potabilizadora debido a la necesidad de esterilización de agua para el consumo humano. Tendrá un caudal de 5m³/h y una potencia eléctrica de 60 W.

Se instalará una unidad de agua caliente para satisfacer las necesidades de la tripulación. Se supondrá un consumo de 100 l por tripulante y día, por lo que tenemos:

$$C_{\text{medio}}=70,8 \text{ l/h} \quad C_{\text{max}}=283,2 \text{ l/h}=0,283 \text{ m}^3/\text{h}$$



Tendremos por tanto un consumo de vapor de, siendo la temperatura de entrada del agua al calentador de 20°C y la de salida de 85°C:

$$\dot{q}_{\text{vapor}} = \frac{Q \cdot \rho \cdot c_{\text{agua}} \cdot (T_f - T_i)}{r} = 37 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

Se instalarán por tanto dos bombas con las siguientes características:

Bombas de Agua Sanitaria Caliente	
Unidades instaladas/en servicio	2/1
Tipo	Centrífuga auto cebada
Caudal	2 m ³ /h
Presión	4,5 bar
Potencia eléctrica	0,4 KW

Se suministrará agua caliente a través de un sistema cerrado de recirculación para alimentar los lavabos de los camarotes, duchas y lavabos de lavandería. Tendrá un termostato para regular la temperatura, se instala también un calentador eléctrico de 25 KW para usar cuando no haya vapor.

El agua dulce se obtendrá mediante suministro en los puertos y/o un generador de agua dulce. La capacidad del generador debe ser tal que compense las pérdidas de los circuitos de agua dulce y vapor. Se considerará un consumo diario de 2,5 t al día de la tripulación y 7 t al día para el resto.

Instalaremos por último dos plantas bactericidas por O₃ en el suministro de los hidróforos de agua potable y sanitaria, además de una planta mineralizadora en el suministro de los hidróforos de agua potable.



7 SERVICIO DE FONDA Y HOTEL

7.1 COCINA Y OFICIOS.

La cocina estará formada por:

- Cocina eléctrica con horno de 20 KW.
- Parrilla eléctrica de 0,9 KW.
- Juego de cocina con accesorios para picar carne, pelar patatas, etc. de 1,3 KW.
- Amasadora de 1,3 KW.
- Un horno doble de pan y repostería de 10 KW.
- Tabla para cortar carne.
- Lavaplatos y dispositivo de secada de 1,2 KW.
- Trituradora de desperdicios con separador de grasas para su tratamiento.
- Hervidor eléctrico de 1 KW.
- Frigoríficos varios repartidos entre las salas de los tripulantes, camarotes de oficiales con un consumo total de 1,45KW.
- Peladora de 0,5 KW.

7.2 GAMBUZA

Posee una planta frigorífica de expansión directa que permite obtener las diferentes temperaturas necesarias para la conservación de los alimentos con un consumo aproximado de 15 KW.



7.3 LAVANDERÍA.

Estará compuesta por:

- Tres lavadoras de 5 kg cada una.
- Tres secadoras de 5kg cada una.
- Dos planchas de vapor
- Dos tablas de planchar.

Tendrán un consumo aproximado de 20 KW todo el conjunto.

8 SERVICIO DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE Y VENTILACION

8.1 VENTILACIÓN DE BODEGAS DE CARGA.

Para la ventilación de las zonas de carga seguimos la reglamentación del SOLAS. Como llevamos 50 contenedores refrigerados sobre cubierta podemos colocarlos en la última capa y según el reglamento la ventilación será de forma natural. Cada contenedor refrigerado consumirá 0,75 KW. Al ser un portacontenedores sin escotillas, las bodegas se ventilarán de forma natural al ir abiertas.

8.2 AIRE ACONDICIONADO.

Calcularemos un sistema de aire acondicionado de presión media para los alojamientos para la tripulación (camarotes, espacios comunes, enfermería, puente de gobierno, etc.)

Será del tipo de doble conducto, suministrando el aire a través de bocas de ventilación.



El sistema de aire deberá cumplir toda la reglamentación existente, y se dimensionará siguiendo los siguientes valores:

Estancia	Volumen	Renovaciones a la hora	Aire Fresco (%)	Aire Recirculado (%)	Temperatura Media (°C)
Aseos	125,70	15	70	30	22
Camarotes	413,74	15	70	30	21
Cocina	39,95	25	70	30	18
Oficios	175,02	18	70	30	20
Comedor	66,24	18	50	50	22
Sala de Estar	188,47	10	50	50	22
Puente	152,58	10	50	50	22
Lavandería	29,13	20	50	50	22
Oficinas	19,51	10	50	50	22
Enfermería	40,04	10	100	0	22
Gimnasio	23,26	20	50	50	21
Pañoles	66,86	10	30	70	22
Pasillos y Escaleras Interiores	436,98	10	50	50	20
Gambuza Viveres	29,85	10	50	50	16

Lo que nos daría un valor total de volumen de aire de 23823,56 m³/h.

Se supondrá la capacidad calorífica del aire como 0,24 Kcal/Kg°C, temperatura de aire en el exterior de 45°C. Mediante la ecuación:

$$\dot{Q} = Q \cdot \rho_{\text{aire}} \cdot c_{p \text{ aire}} \cdot (T_e - T_i)$$

Se obtendrá la cantidad de calor cedida por cada local.



Estancia	Calor Cedido
Aseos	628,02
Camarotes	2156,96
Cocina	234,30
Oficios	950,49
Comedor	236,38
Sala de Estar	672,58
Puente	544,49
Lavandería	103,95
Oficinas	69,62
Enfermería	285,79
Gimnasio	86,62
Pañoles	143,16
Pasillos y Escaleras Interiores	1695,04
Gambuza	134,31
Viveres	

Siendo:

$$Q_{TOTAL} = 7941,71 \frac{Kcal}{h}$$

La exhaustación del hospital está separada y los conductos de suministro a estos espacios tendrán compuertas de no retorno.

El sistema incluirá dos plantas de refrigeración del tipo de expansión directa de R-22 como refrigerante, cada una de ellas compuesta por un compresor, un condensador con sus correspondientes accesorios y una unidad de acondicionamiento que proporcione las condiciones adecuadas a cada estancia. El equipo es eléctrico y se estimará un consumo de 1,5 KW por persona a bordo, como tenemos 17 personas de tripulación y posibilidad de



alojar un alumno y un responsable del armador tendremos un consumo de 28.5 KW. El R-22 tiene un poder calorífico de 38,893 Kcal/Kg y un calor latente de condensación de 95,759 Kcal/Kg.

Con estos valores se obtendrá que:

$$\dot{m}_{R-22} = \frac{7941,71}{38,893} \approx 205 \frac{Kg}{h}$$

Para refrigerar el R-22 se usará agua de mar. Supondremos que entrará en el circuito a 26°C y saldrá a 36°C. Se obtendrán de este modo los siguientes valores:

$$\dot{q}_{agua} = \dot{m}_{R-22} \cdot h_v = 205 \cdot 95,759 = 19631 \frac{Kcal}{h}$$

$$Q_{agua} = \frac{\dot{q}_{agua}}{\rho_{agua} \cdot c_{p,agua} \cdot \Delta T} \approx 2 \frac{m^3}{h}$$

Se instalarán por tanto dos bombas de circulación de agua de mar, una de ellas de respeto, con las características siguientes:

Bombas Circulación Agua Aire Acondicionado	
Unidades instaladas/en servicio	2/1
Tipo	Centrífuga autocebada
Caudal	2 m ³ /h
Presión	4 bar
Potencia eléctrica	0,5 KW

Se supondrá un rendimiento del 0,6. Cada unidad se compone de filtros de aire, serpentines de calefacción y refrigeración de tubería de cobre con ventiladores de aluminio o acero galvanizado y un ventilador centrífugo de



velocidad simple. Se instalará un humidificador manual de vapor para trabajar en invierno en el área del aire caliente.

Para la cámara de control de máquinas y el taller de electricidad se dispondrá de acondicionadores de aire separados.

8.3 VENTILACIÓN DE LA CÁMARA DE MÁQUINAS.

En este espacio se cumplirán dos requisitos, el de ventilación y refrigeración del ambiente interior y para aportar el oxígeno necesario para la combustión de los motores y calderas. La cámara de máquinas será estanca por lo tanto se necesitará de manera simultánea que se lleven a cabo las labores de ventilación y extracción.

El suministro de oxígeno para la combustión se dará en las aspiraciones de las turbosoplantes y en los ventiladores de tiro forzado de las calderas. La extracción aspirará aire de la parte superior de la sala (aire caliente) y otras zonas de especial atención.

8.3.1 Aire para la combustión.

El aire consumido por el motor principal será igual al indicado por el fabricante para el valor nominal del motor, $21,9 \text{ Kg/s} \approx 18,45 \text{ m}^3/\text{s}$, suponiendo $\rho_{\text{aire}} = 1,16 \text{ Kg/m}^3$.

Del mismo modo el aire consumido por los motores auxiliares suponiendo los tres en marcha a pleno rendimiento será de $3 \times 5300 \text{ Kg/h} = 15900 \text{ Kg/h} \approx 4,41 \text{ Kg/s} \approx 3,81 \text{ m}^3/\text{s}$.

Para la combustión se necesitará por tanto $22,26 \text{ m}^3/\text{s}$.



8.3.2 Aire para la disipación de calor.

Se obtendrá mediante la siguiente expresión:

$$q_v = \frac{P_m + P_p + P_f + P_g + P_s}{\rho \cdot c \cdot \Delta T} \approx 23 \text{ m}^3/\text{s}$$

Siendo:

- P_m , calor emitido por los motores auxiliares y principal. 15 KW según el fabricante para cada motor auxiliar. Para el motor principal se estimará con la siguiente expresión:

$$P_{mp} = N_b \cdot \frac{U_d}{100} = 86 \text{ KW}$$

Siendo:

- N_b , la potencia nominal del motor, 8600 KW.
- U_d , las pérdidas por radiación, 1%.

Tendremos entonces que $P_m = 86 + 15 + 15 + 15 = 131 \text{ KW}$.

- P_p , el calor emitido por la caldera. Se obtendrá de la siguiente expresión:

$$P_p = W_s \cdot q_{ms} \cdot i \cdot \frac{U_p}{100} \cdot k \approx 15 \text{ KW}$$

Siendo:

- W_s , consumo total de vapor, 1000 Kg/h $\approx 0,3 \text{ Kg/s}$.
- q_{ms} , consumo de combustible, 0,07 Kg/Kg_{vapor}.
- i , la entalpía del combustible, 41800 KJ/Kg
- U_d , pérdida por radiación, 1,2%.
- k , constante a carga parcial de la caldera, 1,4.



- P_r , calor emitido por los conductos de vapor y condensación. Se calculará mediante la expresión:

$$P_r = W_s \cdot q_{ms} \cdot t \cdot \frac{0,15}{100} \approx 1,4 \text{ KW}$$

- P_g , calor emitido por los alternadores. Se calculará mediante la expresión:

$$P_g = 2 \cdot P \cdot 0,04 = 53 \text{ KW}$$

Siendo:

- P , potencia de los generadores instalados, 660 KW.
- P_e , calor emitido por las instalaciones eléctricas. Se calculará mediante la expresión:

$$P_e = P \cdot 2 \cdot 0,1 = 132 \text{ KW}$$

- r , densidad del aire a 35°C, 1,15 Kg/m³.
- ρ , calor específico del aire, 1,01 KJ/Kg°C=0,24 Kcal/Kg°C.
- ΔT , incremento de temperatura en la cámara de máquinas, 12,5°C.

El caudal total de aire necesario será de 45,5 m³/s, 162000 m³/h. Se instalarán cinco ventiladores capaz de mover cada uno el 25% del caudal total necesario con una presión diferencial de 50 mca. Se tomará un rendimiento de 0,6. Sus características serán:



Ventiladores de la cámara de máquinas	
Unidades instaladas/en servicio	5/4
Caudal	40950 m ³ /h
Presión	50 m.c.a.
Potencia	10,7 KW

8.3.3 Extracción de aire de la cámara de máquinas.

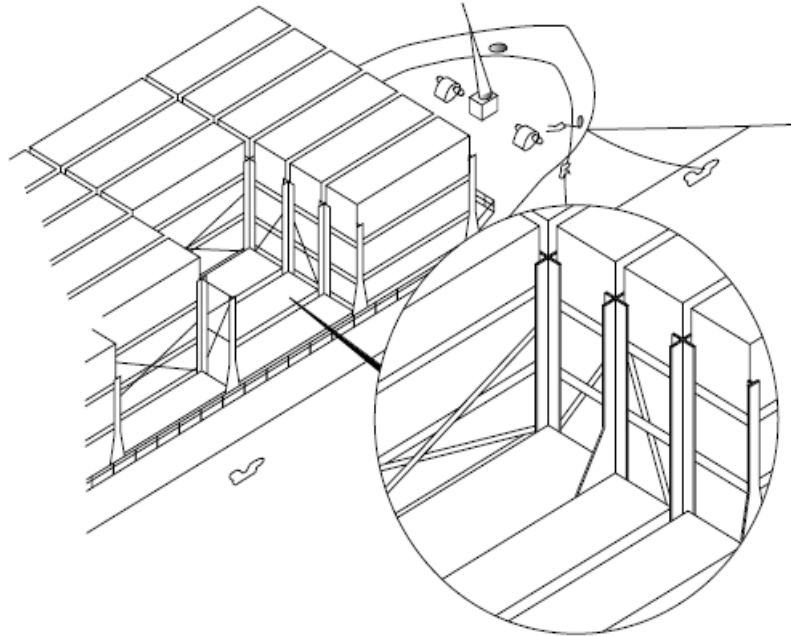
Se deberá extraer un caudal igual al de la disipación de calor. Instalaremos por lo tanto tres extractores de rendimiento 0,6, con las siguientes características:

Extractores de la cámara de máquinas	
Unidades instaladas/en servicio	3/2
Caudal	41400 m ³ /h
Presión	40 m.c.a.
Potencia	8,7 KW

9 SERVICIO DE ESTIBA

La estiba de los contenedores se realiza con los medios de carga de los puertos donde recale nuestro buque.

El buque poseerá guías celulares que se prolongarán sobre cubierta mejorando con ello la estiba en puerto, reduciendo el tiempo de espera en puerto y por lo tanto una mejora económica. Las guías seguirán los requerimientos de la Sociedad de Clasificación.



Entre los contenedores se dispondrán twist-locks y en la tapa de doble fondo conos soldados para la colocación de los contenedores.

10 EQUIPO DE RADIOCOMUNICACIONES Y NAVEGACION

10.1 EQUIPO DE RADIOCOMUNICACIONES.

De acuerdo con lo prescrito en el SOLAS y suponiendo que nuestro barco navegará por las zonas A1, A2 y A3, el equipo de radiocomunicaciones constará de :

- Instalación radioeléctrica de ondas métricas capaz de emitir y recibir:
 - Mediante LSD en la frecuencia 156.525 MHz.
 - Mediante radiotelefonía en las frecuencias 156.3, 156.65 y 156.8 MHz.
 - Mediante telefonía.



- Instalación radioeléctrica de escucha continua LSD a través del canal 70.
- Respondedor de radar que funcione en la banda de 9 GHz.
- Receptor NAVTEX internacional.
- Instalación radioeléctrica para la recepción de información general a través de INMARSAT.
- Radiobaliza RLS satelitaria teleactiva desde el puente de mando.
- Dispositivo capaz de generar una señal radiotelefónica de alarma a 2182 KHz.
- Receptor de escucha a 2182 KHz.
- Instalación radioeléctrica de ondas hectométricas que se puedan activar desde el puente y que puedan recibir y transmitir a efectos de seguridad y socorro en las frecuencia 2187.5 usando LSD y 2182 usando telefonía.
- Instalación radioeléctrica de escucha continua en LSD para 2187.5 KHz.
- Instalación terrena de buque de INMARSAT capaz de:
 - Transmitir y recibir radiocomunicaciones generales mediante radiotelefonía o telegrafía de impresión directa.
 - Transmitir señales de socorro mediante telegrafía de impresión directa.
 - Iniciar y recibir llamadas prioritarias de socorro.
 - Mantener un servicio de escucha permanente para alertas.

10.2 EQUIPO DE NAVEGACIÓN.

De acuerdo a lo establecido con el SOLAS, constará de:

- Compás magnético magistral.
- Compás magnético de gobierno.
- Equipo de comunicaciones entre el puesto de compás magistral y el puesto de control de navegación.



- Girocompás.
- Repetidor giroscópico.
- Punteador de reflexión.
- Ecosonda.
- Indicador de velocidad y distancia.
- Indicadores de ángulo de metida del timón y velocidad rotacional de la hélice legibles desde el puesto de maniobra.
- Radiogoniómetro.

11 INSTALACIONES DE CONTROL Y AUTOMATIZACION

Se dispondrá de un sistema de alarmas basado en un microprocesador que consta de los siguientes elementos:

- Sistema de alarmas para 225 puntos.
- Sistema de lecturas analógicas para 50 puntos.
- Repetición agrupada en camarotes y espacios públicos.
- Impresora de alarmas con indicación de comienzo y fin de las mismas, así como el valor actual de las señales analógicas, situada en la cámara de control.

El sistema de automatización de la planta eléctrica permite el arranque y la parada automática de los grupos en función de la carga de la red, así como controlar de forma automática las diferentes situaciones de transferencia y reparto de la carga entre generadores.

12 HELICE DE MANIOBRA DE PROA

Para incrementar la maniobrabilidad de nuestra nave, dispondremos de una hélice de proa. Con ella disminuirémos los tiempos de atraque y desatraque en puerto, que nos dará un ahorro económico. Esta hélice será de paso controlable.



Su cálculo se realizará mediante la fórmula del libro “Proyecto Básico de Buque Mercante”, que será:

$$P = k \cdot (DISW)^{3/4} = 482 \text{ KW}$$

Siendo:

k, una constante dependiente del tipo de buque, en nuestro caso 0,9.

DISW, el desplazamiento en m³. DISW=12401 m³.

Escogeremos un empujador transversal Wärtsila, para nuestro empuje el propulsor más indicado es el más pequeño que tienen en su catálogo, el CT/FT 125H, que tendrá las características siguientes:

EMPUJADOR TRANSVERSAL WÄRTSILA CT/FT 125H		
Potencia	614 KW a 60 Hz	516 KW a 50 Hz
Revoluciones del motor	1755 r.p.m. a 60 Hz	1465 r.p.m. a 50 Hz
Revoluciones del propulsor	519 r.p.m. a 60 Hz	433 r.p.m. a 50 Hz
Diámetro del propulsor	1250 mm	
Longitud del propulsor	1550 mm	
Peso	2800 Kg	

Se deberá proporcionar aceite hidráulico a presión para controlar el paso de la hélice mediante una centralita hidráulica.



13 SERVICIO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y BASURA

13.1 SERVICIO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

Distinguimos dos tipos de aguas residuales:

- a) Aguas grises, las procedentes de lavabos, duchas, cocinas y lavandería.
- b) Aguas negras, las procedentes del metabolismo humano y las grises del hospital y enfermería.

Instalamos una planta de tratamiento de aguas residuales de tipo químico de suficiente capacidad como para el tratamiento de todas las aguas residuales producidas a bordo de la cámara de máquinas.

También tenemos un tanque de aguas residuales de una capacidad suficiente para manejar todas las aguas residuales producidas a bordo durante dos días. Por lo tanto la planta tiene una capacidad de 5 m³/día, que es suficiente para una tripulación de 17 personas.

El consumo eléctrico de la planta es de 3 KW.

13.2 SERVICIO DE BASURAS.

Distinguimos entre:

- a) Basuras sólidas incinerables como papel, cartón, plástico residuos oleosos, etc. Consideramos una producción media de 1 kg por persona al día. En nuestro caso equivale a 17 kg al día.



b) Basuras no incinerables como metal y vidrio. Consideramos una producción media de 1 kg por persona al día. En nuestro caso equivale a 17 kg al día.

c) Basuras orgánicas. Consideramos una producción media de 0,5 kg por persona al día. En nuestro caso equivale a 8,5 kg al día.

El tratamiento para cada tipo es diferente y debe comenzar con la clasificación en origen.

Consideramos una producción media de:

El volumen generado de basura aproximado es de 300 l/día

Las basuras incinerables se envían al local de calderas donde se queman en la caldera, que debe tener capacidad suficiente para quemar la basura generada en unas seis u ocho horas. Los residuos de la caldera son humos y cenizas. Los humos se pasan por un separador de sentinas y un lavado, expulsándose al exterior. Las cenizas se juntan a las basuras no incinerables.

Las basuras no incinerables se trituran y se almacenan en la sala de calderas para su descarga en puerto.

Las basuras orgánicas se trituran en un triturador con capacidad para separar objetos extraños e inyecta cloro en el sistema de tuberías para la desinfección del sistema. Esta basura va a un extractor de agua que separa en residuo seco que se puede quemar en el incinerador y en agua que se puede usar para limpieza o fluidificar nuevos residuos en el sistema.



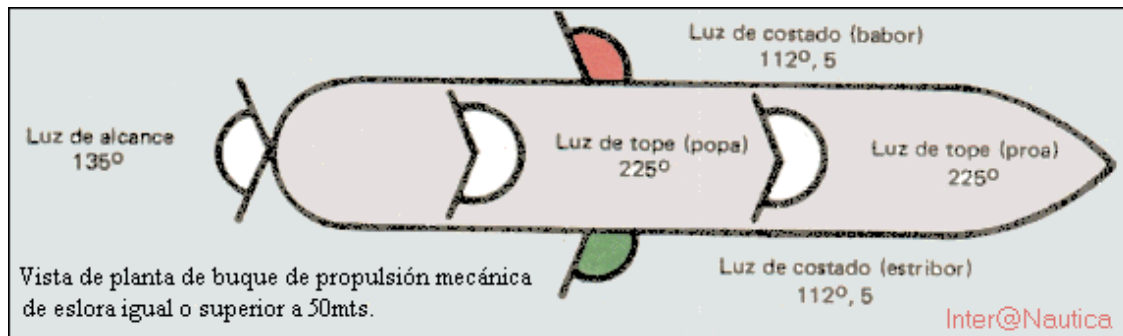
14 ALUMBRADO DEL BUQUE

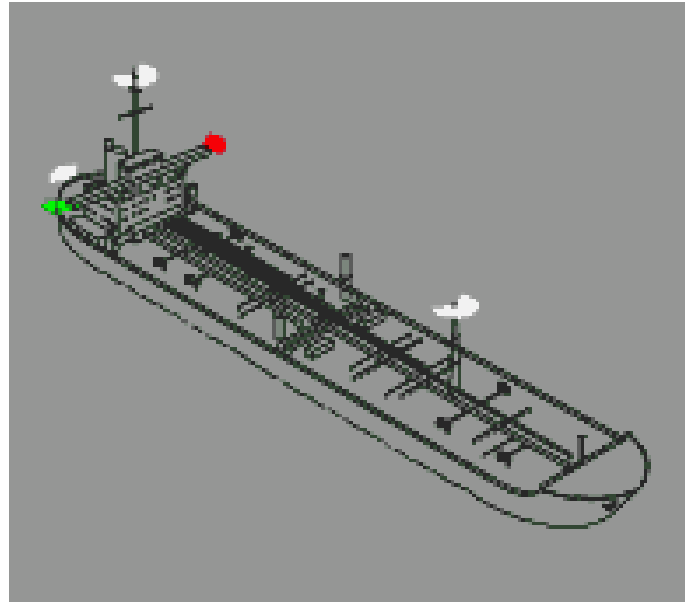
Según la zona que se desee iluminar y la misión que tengan encomendada se utilizarán unos determinados tipos de luz.

14.1 LUCES DE NAVEGACIÓN.

Disponemos de dos luces de tope (color blanco) al tener una eslora mayor de 50 m estando la luz de popa más alta que la de proa, dos de costado (roja a babor y verde a estribor) y la de alcance (una de color blanca).

Tienen que ser visibles desde 6 millas náuticas en buques mayores de 50 m de eslora, consistirá cada uno en dos lámparas incandescentes de 60 W cada bombilla.





14.2 LUCES DE SEÑALES.

Son luces que indican alguna incidencia especial como maniobras de remolque, fondeo, ausencia de gobierno, etc. Su potencia será de 100 W.

Estas luces se usarán en contadas ocasiones, por lo que no las tendremos en cuenta en el balance eléctrico.

14.3 LUCES PARA ATRAVESAR ALGUNOS CANALES.

Ciertas luces de posición son necesarias para atravesar ciertos canales como el de Suez o el de Kiel, luz de flash y dos focos halógenos manuales. La potencia de esas luces será de 1 KW. Tampoco las tendremos en cuenta para el cálculo del balance eléctrico.

14.4 LUZ DE MORSE.

Instalamos una luz blanca todo horizonte en lo alto del mástil consistente en dos bombillas incandescentes de una potencia de 40 W, cada una.



Por lo tanto tendremos una potencia instalada aproximada en esas luces de 2 KW.

14.1. Alumbrado de espacios interiores y exteriores.

El alumbrado mínimo y recomendado es:

Tipo de alojamiento	Alumbrado mínimo	Alumbrado recomendado	Tipo de lámpara
Camarotes y baños	150 lux	200 lux	Incandescencia
Hospital y enfermería	200 lux	300 lux	Fluorescentes
Pasillos	50 lux	100 lux	Fluorescentes
Escaleras	100 lux	150 lux	Fluorescentes
Cocinas	200 lux	275 lux	Fluorescentes
Gambuza refrigerada	100 lux	150 lux	Incandescencia
Gambuzas	100 lux	150 lux	Fluorescentes
Comedor	200 lux	250 lux	Fluorescentes
Puente	150 lux	200 lux	Fluorescentes
Pañol	100 lux	100 lux	Fluorescentes
Salones	200 lux	250 lux	Fluorescentes



Tipo de espacio	Alumbrado mínimo	Alumbrado recomendado	Tipo lámpara
Cámara de máquinas	100 lux	150 lux	Fluorescentes
Talleres	200 lux	300 lux	Fluorescentes
Escaleras exteriores	50 lux	150 lux	Sodio
Zonas balsas y reunión	50 lux	150 lux	Sodio
Zona fondeo	50 lux	150 lux	Sodio
Pasillos Cámara de Máquinas	75 lux	125 lux	Fluorescentes
Local baterías	50 lux	100 lux	Fluorescentes

Todo el alumbrado de la zona de habitación, pasillos y escaleras disponen de alumbrado de emergencia por baterías.

Los rendimientos de los diferentes tipos de lámparas son:

Tipo de lámpara	Rendimiento
Incandescencia	60 lumen/W
Fluorescente	100 lumen/W
Sodio	150 lumen/W

De este modo y teniendo en cuenta los volúmenes de los espacios a iluminar, obtenemos un consumo de:



CUBIERTA 1				
Local	Potencia	Potencia Unitaria	Num. Luces	Potencia
Pañol de repuestos	38,00	40,00	1,00	40,00
Taller	84,73	40,00	3,00	120,00
Pasillo 1	13,50	40,00	1,00	40,00
Local de aire acondicionado	375,11	40,00	10,00	400,00
Pasillo 2	26,63	40,00	1,00	40,00
Gimnasio	60,69	40,00	2,00	80,00
Escaleras	43,40	40,00	2,00	80,00
Pasillo 3	7,67	40,00	1,00	40,00
Habitación CO2	65,25	40,00	2,00	80,00
Pasillo 4	26,63	40,00	1,00	40,00
Enfermería	48,69	40,00	2,00	80,00
W. C. enfermería	10,29	40,00	1,00	40,00
Habitación enfermería	6,75	40,00	1,00	40,00
Habitación enfermería	84,73	40,00	3,00	120,00
Pasillo 5	13,50	40,00	1,00	40,00
W.C Planta	37,05	40,00	1,00	40,00
Oficina	25,38	40,00	1,00	40,00
Lavandería	79,65	40,00	2,00	80,00
Gambuza víveres	22,20	40,00	1,00	40,00
Gambuza víveres	54,41	40,00	2,00	80,00
Sala motor auxiliar	47,97	40,00	2,00	80,00
Pañol marinería	23,10	40,00	1,00	40,00
POTENCIA CUBIERTA				1680,00



CUBIERTA 2				
Local	Potencia	Potencia Unitaria	Num. Luces	Potencia
Basuras	10,72	40,00	1,00	40,00
Sala marinería	86,31	40,00	3,00	120,00
Pasillo 1	13,21	40,00	1,00	40,00
Comedor marinería	137,20	40,00	4,00	160,00
Pasillo 2	13,50	40,00	1,00	40,00
Comedor oficiales	134,45	40,00	4,00	160,00
Sala audiovisuales	126,00	40,00	4,00	160,00
Pasillo3	20,83	40,00	1,00	40,00
Escaleras	43,40	40,00	2,00	80,00
Pasillo 4	10,71	40,00	1,00	40,00
Cocina	207,21	40,00	6,00	240,00
Gambuza refrigerada	43,03	40,00	2,00	80,00
Biblioteca	77,44	40,00	2,00	80,00
Pasillo 5	7,70	40,00	1,00	40,00
Pasillo 6	7,03	40,00	1,00	40,00
W.C. Planta	37,05	40,00	1,00	40,00
Sala de oficiales	99,68	40,00	3,00	120,00
Tienda	24,17	40,00	1,00	40,00
Pasillo 7	11,09	40,00	1,00	40,00
Pasillo 8	11,25	40,00	1,00	40,00
Ordenadores/Internet	49,61	40,00	2,00	80,00
POTENCIA CUBIERTA 2				1720,00



CUBIERTA 3				
Local	Potencia	Potencia Unitaria	Num. Luces	Potencia
W.C. 1	10,34	40,00	1,00	40,00
W.C. 2	10,34	40,00	1,00	40,00
W.C. 3	10,34	40,00	1,00	40,00
W.C. 4	10,34	40,00	1,00	40,00
W.C. 5	10,34	40,00	1,00	40,00
W.C. 6	10,34	40,00	1,00	40,00
W.C. 7	10,34	40,00	1,00	40,00
W.C. 8	10,34	40,00	1,00	40,00
W.C. 9	10,34	40,00	1,00	40,00
W.C. 10	10,34	40,00	1,00	40,00
Escaleras	43,40	40,00	2,00	80,00
Habitación Pequeña 1	55,74	40,00	2,00	80,00
Habitación Pequeña 2	55,74	40,00	2,00	80,00
Habitación Pequeña 3	55,74	40,00	2,00	80,00
Habitación Pequeña 4	55,74	40,00	2,00	80,00
Habitación Pequeña 5	55,74	40,00	2,00	80,00
Habitación Pequeña 6	55,74	40,00	2,00	80,00
Habitación Grande 1	87,73	40,00	3,00	120,00
Habitación Grande 2	87,73	40,00	3,00	120,00
Habitación Grande 3	87,73	40,00	3,00	120,00
Habitación Grande 4	87,73	40,00	3,00	120,00
Pasillo 1	36,52	40,00	1,00	40,00
Pasillo 2	9,59	40,00	1,00	40,00
Pasillo 3	9,64	40,00	1,00	40,00
Pasillo 4	9,59	40,00	1,00	40,00
POTENCIA CUBIERTA 3				1600,00



CUBIERTA 4				
Local	Potencia	Potencia Unitaria	Num. Luces	Potencia
W.C. 1	10,34	40,00	1,00	40,00
W.C. 2	10,34	40,00	1,00	40,00
W.C. 3	10,34	40,00	1,00	40,00
W.C. 4	10,34	40,00	1,00	40,00
W.C. 5	10,34	40,00	1,00	40,00
W.C. 6	13,58	40,00	1,00	40,00
W.C. 7	13,58	40,00	1,00	40,00
Escaleras	43,40	40,00	2,00	80,00
Habitación 1	87,73	40,00	3,00	120,00
Habitación 2	87,73	40,00	3,00	120,00
Habitación 3	87,73	40,00	3,00	120,00
Habitación 4	87,73	40,00	3,00	120,00
Habitación 5	108,42	40,00	3,00	120,00
Habitación 6	108,42	40,00	3,00	120,00
Habitación armador	61,79	40,00	2,00	80,00
Salón armador	49,69	40,00	2,00	80,00
Pasillo 1	36,52	40,00	1,00	40,00
Pasillo 2	9,59	40,00	1,00	40,00
Pasillo 3	9,64	40,00	1,00	40,00
Pasillo 4	9,59	40,00	1,00	40,00
Pañol	13,51	40,00	1,00	40,00
POTENCIA CUBIERTA 4				1440,00

**CUBIERTA 5**

Local	Potencia	Potencia Unitaria	Num. Luces	Potencia
W.C. 1	13,58	40,00	1,00	40,00
W.C. 2	13,58	40,00	1,00	40,00
W.C. Planta	28,67	40,00	1,00	40,00
Escaleras	43,40	40,00	2,00	80,00
Habitación Capitán	108,42	40,00	3,00	120,00
Habitación Jefe Maquinas	108,42	40,00	3,00	120,00
Sala de baterías	39,43	40,00	1,00	40,00
Salón Capitán	77,40	40,00	2,00	80,00
Salón Jefe Maquinas	77,40	40,00	2,00	80,00
Pasillo 1	6,39	40,00	1,00	40,00
Pasillo 2	14,29	40,00	1,00	40,00
Pasillo 3	6,39	40,00	1,00	40,00
Pañol	9,30	40,00	1,00	40,00
Pañol	15,11	40,00	1,00	40,00
POTENCIA CUBIERTA 5				840,00

CUBIERTA 6

Local	Potencia	Potencia Unitaria	Num. Luces	Potencia
Puente de mando 1	74,09	40,00	2,00	80,00
Escaleras	18,60	40,00	1,00	40,00
Puente de mando 2	697,21	40,00	18,00	720,00
POTENCIA CUBIERTA 6				840,00



CÁMARA DE MÁQUINAS				
Local	Potencia	Potencia Unitaria	Num. Luces	Potencia
Cámara de control	241,36	40,00	7,00	280,00
Sala de calderas	118,03	40,00	3,00	120,00
Sala de trituradoras	104,24	40,00	3,00	120,00
Sala clasificación de residuos	86,06	40,00	3,00	120,00
Almacenamiento residuos sólidos	92,91	40,00	3,00	120,00
Sala purificadoras	76,53	40,00	2,00	80,00
Cubierta superior	2168,93	40,00	55,00	2200,00
Pañol	49,61	40,00	2,00	80,00
Cubierta inferior	535,54	40,00	14,00	560,00
POTENCIA CÁMARA DE MÁQUINAS				3680,00

Castillo de proa				
Local	Potencia	Potencia Unitaria	Num. Luces	Potencia
Pañol de marinería	439.48	40.00	11.00	440.00
Cámara de CO2 castillo de proa	258.62	40.00	7.00	280.00
Pañol de Pinturas	56.90	40.00	2.00	80.00
Escaleras	8.29	40.00	1.00	40.00
Escaleras	29.58	40.00	3.00	120.00
Cámara de hélice de maniobra	37.19	40.00	1.00	40.00
POTENCIA CÁMARA DE MÁQUINAS				1000.00



Iluminación Interior	
Potencia Cubierta 1 (KW)	1.68
Potencia Cubierta 2 (KW)	1.72
Potencia Cubierta 3 (KW)	1.60
Potencia Cubierta 4 (KW)	1.44
Potencia Cubierta 5 (KW)	0.84
Potencia Cubierta 6 (KW)	0.84
Potencia Cámara de Máquinas (KW)	3.68
Potencia Castillo de proa (KW)	1.00
POTENCIA TOTAL INSTALADA (KW)	12.80

Iluminación Exterior	
Iluminación Costados de cubierta y Escaleras(W)	920
Iluminación Zonas de Reunión y Salvamento (W)	540
Grúa de Provisiones (W)	300
Zonas de Carga (W)	1800
Zonas de Maniobra (W)	800
POTENCIA TOTAL INSTALADA (KW)	4,36

15 EQUIPO DE MANTENIMIENTO

15.1 TALLERES DE MÁQUINAS Y ELÉCTRICO

Instalaremos en nuestra embarcación un taller en la cámara de máquinas para reparaciones con los siguientes elementos:

- Un torno eléctrico de 3 KW
- Un taladro vertical de 1,5 KW
- Una esmeriladora de 1,5 KW



- Un equipo de soldadura eléctrica de 4 KW
- Un soplete de corte y soldadura oxiacetilénica.

15.2 PUENTES GRÚA.

La cámara de máquinas dispondrá de dos puentes grúa para las labores de desmontaje de los motores auxiliares y principal con una potencia de 3,5 KW cada uno.

16 SERVICIO DE VAPOR

El vapor se utilizará para transmitir calor así como para el accionamiento de turbinas y algunas máquinas alternativas. Se obtendrá mediante las calderas de gases de escape, que proporcionarán 2291 Kg_{vapor}/h, como se vio en el cuaderno 7, a una presión de 6 Kg/cm² y a 185°C y además tenemos otra caldera auxiliar cuya capacidad se hallará en función del balance de vapor que calcularemos a continuación. La presión del vapor que se obtendrá de estas calderas estará a una presión de 7,5 Kg/cm² 167°C.

Los tanques se calentarán mediante unos serpentines situados en el fondo por los que circulará vapor. Se calculará el vapor necesario para calentar un tanque mediante las fórmulas siguientes:

$$q_1 = \frac{V \cdot \rho \cdot c_p \cdot \Delta T}{t}$$

$$\dot{q}_{v1} = \frac{q_1}{r}$$

Siendo:

- V, el volumen del tanque en m³.
- ρ, densidad del fluido a calentar.
- c_p, calor específico del fluido a calentar.
- ΔT, incremento de temperatura del fluido a calentar en °C.



- τ , tiempo de calefacción en horas.
- q_v , cantidad de vapor necesaria en Kg/h.
- r , calor de vaporización.

Además se tendrá que compensar las pérdidas de calor por las paredes de los tanques (laterales, techo y fondo) mediante la fórmula:

$$q_2 = \sum K_i \cdot S_i \cdot (T_m - T_{ext,i})$$

Siendo:

- K_i , coeficiente de transferencia total en Kcal/m²h°C
- S_i , superficie de transmisión en m².
- T_m , temperatura media en el tanque en °C.

$$T_m = \frac{T_f + T_i}{2}$$

- $T_{ext,i}$, temperatura exterior de la pared.

Se tomarán los siguientes valores para los coeficientes de transferencia:



Coeficientes de transferencia K_i	Kcal/m ² h°C
Fondo y parte inferior del pantoque	7
Parte superior del pantoque y costado bajo flotación	10
Costado sobre flotación	10
Cubierta a la intemperie	4,5
Mamparo con espacio vacío, cofferdam, o cámara de máquinas	4,5
Mamparo con tanque con contenido frío o bodega con carga	7
Cubierta inferior con espacio vacío o cámara de máquinas o tanque/bodega frío	4,5
Cubierta superior con espacio vacío o cámara de máquinas o tanque/bodega frío	5,5

Las distintas temperaturas con las que trabajaremos serán:

Temperatura exterior (°C)	
Agua marina	5
Aire atmosférico	2
Cámara de máquinas	35
Habitación	20
Bodega	10
vacío	10



Tanques	T_i (°C)	T_f (°C)	T_m (°C)
Almacén de HFO	20	55	37,5
Sedimentación de HFO	55	80	67,5
Servicio diario HFO	98	125	111,5
Reboses HFO	5	45	25
Lodos	20	50	35
Retornos combustibles	20	125	72,5
Aceite	20	45	32,5
Agua sentina	10	45	27,5

Este servicio proporcionará vapor a los siguientes consumidores del dique:

- Serpentes de calefacción de tanques.
 - Tanques de almacén de HFO.
 - Tanques de sedimentación de HFO.
 - Tanque de servicio diario de HFO.
 - Tanque de reboses de HFO.
 - Tanque de lodos.
 - Tanque de derrames de aceite.
 - Tanque de aceite sucio del motor principal y de los motores auxiliares.
 - Tanque de aguas aceitosas.
 - Tanque de retorno de aceite del motor principal.
 - Tanque de servicios de la caldera de mecheros.
- Calentadores.
 - Calentador de HFO.
 - Calentador de las purificadoras de HFO.
 - Calentador de las purificadoras de LO.



- Calentador de la purificadora de aceite lubricante de los motores auxiliares.
- Precalentador de agua dulce de cilindros del motor principal.
- Calentador sanitario de agua dulce.

- Servicios sanitarios.
- Aire acondicionado.
- Servicios domésticos.
- Filtro de HFO y tubería de calentamiento de combustible.
- Generador de agua dulce.
- Separador de aguas aceitosas.
- Pérdidas del sistema.

- Fuel-oil:
 - Densidad 940 kg/m^3
 - Calor específico $0,5 \text{ kcal/kg C}$
- Diésel-oil:
 - Densidad 850 kg/m^3
 - Calor específico $0,45 \text{ kcal/kg C}$
- Aceite:
 - Densidad 890 kg/m^3
 - Calor específico $0,45 \text{ kcal/kg C}$
- Agua de mar:
 - Densidad 1026 kg/m^3
 - Calor específico 1 kcal/kg C
- Aguas aceitosas:
 - Densidad 950 kg/m^3
 - Calor específico $0,5 \text{ kcal/kg C}$

- Lodos:
 - Densidad 950 kg/m^3



- Calor específico 0,6 kcal/kg C

16.1 CONSUMIDORES DE VAPOR.

16.1.1 Tanques almacén de HFO.

Se deberá calentar los tanques de combustible pesado para reducir su viscosidad y que pueda ser bombeado el combustible. Se suministrará el calor suficiente como para elevar la temperatura desde 20°C a 55°C en 36 horas y mantener esta temperatura compensando las pérdidas producidas a través de las paredes. Habrá cuatro tanques de almacén de HFO. Se tendrá los siguientes valores para cada tanque:

Tanque de Almacén HFO 1							
V	Ti	Tf	τ	ce	ρ	q1	qv1
(m3)	(°C)	(°C)	(h)			(Kcal/h)	(Kgv/h)
201.9	20	55	36	0.5	940	92257.08	184.51

Tanque de Almacén HFO 1						
Mamparo	Ambiente exterior	Ki	Si	Tm	Text,i	q2i
Proa	Bodega	5.5	196.20	37.5	2	38308
Popa	Bodega	5.5	196.20	37.5	2	38308
Babor	Doble casco	4.5	22.89	37.5	15	2318
Techo	Cubierta Intemperie	4.5	37.80	37.5	2	6039
Fondo	Doble Fondo	4.5	37.80	37.5	15	3827
Estribor	Almacén HFO	7	22.89	37.5	20	2804
Total (Kcal/h)						91604
Total (Kgvapor/h)						183.2

Con lo que será necesario 367,71 Kg de vapor a la hora por cada tanque, es decir un total de 1470,84 Kg de vapor a la hora.



16.1.2 Tanque de sedimentación de HFO.

Habr  dos tanques de sedimentación y cada tanque necesitará para calentarse:

Tanque de Sedimentación HFO							
V (m3)	Ti (�C)	Tf (�C)	τ (h)	ce	ρ	q1 (Kcal/h)	qv1 (Kgv/h)
24	55	80	36	0.5	940	7520	15.04

Tanque de Sedimentación HFO							
Mamparo	Ambiente exterior	Ki	Si	Tm	Text,i	q2i	
Proa	Cofferdam	4.5	12.74	67.5	10	3296	
Popa	Cofferdam	4.5	12.74	67.5	10	3296	
Babor	Cofferdam	4.5	5.67	67.5	10	1467	
Techo	Cubierta Intemperie	4.5	9.69	67.5	2	2856	
Techo	Habilitación	5.5	6.34	67.5	20	1656	
Estribor	Cofferdam	10	5.67	67.5	10	3260	
Fondo	Cofferdam	4.5	9.21	67.5	10	2384	
Total (Kcal/h)						18216	
Total (Kgvapor/h)						36.4	

Con lo que será necesario 51,44 Kg de vapor a la hora por cada tanque, es decir un total de 102,88 Kg de vapor a la hora.

16.1.3 Tanque de servicio diario de HFO.

Se tendrán los siguientes valores:

Tanque de Servicio Diario de HFO							
V (m3)	Ti (�C)	Tf (�C)	τ (h)	ce	ρ	q1 (Kcal/h)	qv1 (Kgv/h)
48	98	125	36	0.5	940	16243.2	32.49



Tanque de Servicio Diario de HFO						
Mamparo	Ambiente exterior	Ki	Si	Tm	Text,i	q2i
Proa	Cofferdam	4.5	12.00	112	10	5481
Popa	Cofferdam	4.5	12.00	112	10	5481
Techo	Cofferdam	5.5	11.05	112	10	6169
Estribor	Cofferdam	4.5	31.20	112	10	14248
Babor	Cofferdam	4.5	28.26	112	10	12909
Total (Kcal/h)						44288
Total (Kgvapor/h)						88.6

Por lo tanto se necesitará un total de 121,09 Kg de vapor a la hora.

16.1.4 Calentador de combustible del motor principal.

Elevará la temperatura del HFO para que tenga la temperatura requerida para la inyección que indica el fabricante (150°C). El flujo de calor que necesitaremos será:

$$q = C_1 \cdot \rho \cdot c_e \cdot \left(T_1 - \frac{C_1 \cdot T_2 - C \cdot (T_2 - T_3)}{C_1} \right)$$

Siendo:

- C_1 , caudal de la bomba de alimentación de combustible, de alta, 5,2 m³/h≈4888 Kg/h.
- ρ , densidad del combustible, 940 Kg/m³.
- c_e , capacidad calorífica del combustible, 0,48 Kcal/Kg°C.
- C , consumo del motor, 1539,5 Kg/h.
- T_1 , temperatura de inyección del combustible, 150°C.
- T_2 , temperatura de retorno del combustible, se supondrá 15°C inferior que la del combustible inyectado, 135°C.
- T_3 , temperatura del combustible en el tanque de servicio diario, 125°C.



$$q = 42583,2 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

$$\dot{q}_{\text{vapor}} = \frac{42583,2}{500} \approx 85,2 \frac{\text{Kg}_{\text{vapor}}}{\text{h}}$$

16.1.5 Tanque de reboses de combustible.

Descargará periódicamente HFO en el tanque de sedimentación, por lo tanto se elevará la temperatura de este tanque hasta 55°C. El tiempo de calefacción será de 2 horas. Este tanque estará muy bien aislado por lo que el calor necesario para elevar la temperatura hasta el punto requerido, será:

$$q = 1,1 \cdot \frac{C \cdot c_e \cdot (T_f - T_i)}{\tau}$$

Siendo:

- C, volumen del tanque, 12 m³ ≈ 11280 Kg.
- c_e, capacidad calorífica del combustible, 0,48 Kcal/Kg°C.
- T_f, temperatura final, 55°C.
- T_i, temperatura media de la cámara de máquinas, 20°C.
- τ, tiempo de calefacción, 2 horas.

$$q = 104227,2 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

$$\dot{q}_{\text{vapor}} = \frac{104227,2}{500} \approx 208,5 \frac{\text{Kg}_{\text{vapor}}}{\text{h}}$$



16.1.6 Tanque de lodos.

Se deberá subir la temperatura desde 10°C hasta 50°C en dos horas para poder descargar su contenido.

Tanque de Lodos							
V (m3)	Ti (°C)	Tf (°C)	τ (h)	ce	ρ	q1 (Kcal/h)	qv1 (Kgv/h)
14	10	50	2	0.5	940	131600	263.20

Tanque de Lodos						
Mamparo	Ambiente exterior	Ki	Si	Tm	Text,i	q2i
Proa	Doble Fondo	7	5.76	35	15	807
Popa	Doble Fondo	7	2.35	35	15	329
Popa	Tanque Aceite Sucio	4.5	2.08	35	20	140
Techo	Cámara de Máquinas	4.5	14.09	35	35	0
Estribor	Tanque de Servicio	4.5	3.57	35	45	-161
	Aceite Motor					
Estribor	Doble Fondo	7	1.10	35	15	154
Babor	Doble Fondo	7	4.86	35	15	680
Fondo	Agua Marina	7	14.09	35	5	2959
Total (Kcal/h)						4908
Total (Kgvapor/h)						9.8

Necesitará un total de 273 kg de vapor a la hora.

16.1.7 Precalentador de la depuradora de combustible.

Se encontrará entre el tanque de sedimentación de HFO y la depuradora, el combustible experimentará un salto de unos 45°C. Se supondrá el caudal un 10% superior al que pasa por la bomba.

$$q = 1.1 \cdot Q \cdot \rho \cdot c_p \cdot \Delta T$$



Siendo:

- Q, caudal de la bomba, 5,1 m³/h.
- c_e, capacidad calorífica del combustible, 0,48 Kcal/Kg°C.
- ρ, densidad del combustible, 940 m³/h.
- ΔT, salto de temperatura en el calentador, 45°C.

$$q = 113905,5 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

$$\dot{q}_{\text{vapor}} = \frac{113905,5}{500} \approx 228 \frac{\text{Kg}_{\text{vapor}}}{\text{h}}$$

16.1.8 Precalentador de la purificadora de aceite.

Elevará la temperatura del aceite que se tiene que depurar de 45°C a 80°C. Se tendrá que:

$$q = Q \cdot c_e \cdot \rho \cdot \Delta T'$$

Siendo:

- Q, caudal en la purificadora, el fabricante recomienda 0,136 l/Kwh, se supondrá el motor principal funcionando a su potencia nominal, por lo que tendremos un caudal de 1169,6 l/h.
- c_e, capacidad calorífica del combustible, 0,5 Kcal/Kg°C.
- ρ, densidad del combustible, 0,9 Kg/l.
- ΔT, salto de temperatura en el calentador, 35°C.

$$q = 18421,2 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$



$$\dot{q}_{vapor} = \frac{18421,2}{500} \approx 37 \frac{Kg_{vapor}}{h}$$

16.1.9 Calefacción de aire de la habitación.

Se tendrá un caudal de aire a calentar igual al obtenido en el cálculo del aire acondicionado, 23823,56 m³/h y se supondrá que se calienta el 100% del aire. Además se tomará un salto de temperatura exterior-interior de 22°C. Se tendrá de este modo:

$$q = \frac{Q \cdot \rho \cdot c_p \cdot \Delta T}{\eta} = \frac{23823,56 \cdot 1,293 \cdot 0,24 \cdot 22}{0,8} = 203305,5 \frac{Kcal}{h}$$

$$\dot{q}_{vapor} = \frac{203305,5}{500} = 406,7 \approx 407 \frac{Kg_{vapor}}{h}$$

16.1.10 Calentador de agua dulce sanitaria.

Elevará la temperatura del agua de 20°C a 60°C. El caudal a calentar será igual al caudal de la bomba de agua dulce sanitaria caliente, 2 m³/h. Así se tendrá:

$$\dot{q}_{vapor} = \frac{Q \cdot \rho \cdot c_{p,agua} \cdot \Delta T}{r} \approx 160 \frac{Kg_{vapor}}{h}$$

16.1.11 Servicios de hotel

Se supondrá un consumo de 1,3 Kg_{vapor}/htripulante, con lo que se tendrá un consumo de 24,7 Kg_{vapor}/h.

16.1.12 Tanque almacén de aceite del motor principal.

Deberá elevar la temperatura de 20°C a 45°C en 2 horas. Se tendrá:



Tanque Almacenamiento Aceite Motor							
V (m3)	Ti (°C)	Tf (°C)	τ (h)	ce	ρ	q1 (Kcal/h)	qv1 (Kgv/h)
4.3	20	45	2	0.45	890	21526.88	43.05

Tanque Almacenamiento Aceite Motor						
Mamparo	Ambiente exterior	Ki	Si	Tm	Text,i	q2i
Proa	Cofferdam	4.5	5.98	32.5	10	606
Popa	Cofferdam	4.5	5.98	32.5	10	606
Techo	Intemperie	4.5	1.72	32.5	2	236
Fondo	Cofferdam	4.5	1.72	32.5	10	174
Estribor	Cofferdam	4.5	2.25	32.5	10	228
Babor	Cofferdam	4.5	2.25	32.5	10	228
Total (Kcal/h)						2077
Total (Kgvapor/h)						4.2

Como el buque tendrá dos tanques de almacén de aceite del motor principal por recomendación del fabricante del motor, se tendrá un consumo de 94,5 Kg de vapor a la hora.

16.1.13 Tanque de servicio diario de aceite del motor principal.

Deberá elevar la temperatura de 20°C a 45°C en 2 horas. Se tendrá:

Tanque Servicio Diario Aceite Motor							
V (m3)	Ti (°C)	Tf (°C)	τ (h)	ce	ρ	q1 (Kcal/h)	qv1 (Kgv/h)
16.4	20	45	2	0.45	890	82102.5	164.20



Tanque Servicio Diario Aceite Motor						
Mamparo	Ambiente exterior	Ki	Si	Tm	Text,i	q2i
Proa	Doble Fondo	7	1.8	32.5	15	221
Popa	Doble Fondo	7	1.8	32.5	15	221
Techo	Cámara de Máquinas	4.5	37.656	32.5	35	-424
Estribor	Doble Fondo	7	4.11	32.5	15	503
Estribor	Tanque de Reboses	7	1.12	32.5	5	216
HFO						
Babor	Tanque de Lodos	4.5	1.375	32.5	20	77
Babor	Tanque de Aceite	4.5	0.8	32.5	20	45
Sucio						
Babor	Doble Fondo	7	3.055	32.5	15	374
Fondo	Doble Fondo	7	37.656	32.5	5	7249
Total (Kcal/h)						8482
Total (Kgvapor/h)						17.0

Se tendrá un consumo de 181,2 Kg de vapor a la hora.

16.1.14 Tanque de aceite sucio

Deberá elevar la temperatura de 20°C a 45°C en 2 horas. Se tendrá los siguientes valores:

Tanque de Aceite Sucio							
V	Ti	Tf	τ	ce	ρ	q1	qv1
(m3)	(°C)	(°C)	(h)			(Kcal/h)	(Kgv/h)
3	20	45	2	0.5	890	16687.5	33.375



Tanque de Aceite Sucio						
Mamparo	Ambiente exterior	Ki	Si	Tm	Text,i	q2i
Proa	Tanque de Lodos	4.5	3.9	32.5	20	219
Popa	Doble Fondo	4.5	2.08	32.5	15	164
Techo	Cámara de Máquinas	5.5	2.56	32.5	35	-35
Estribor	Tanque de Servicio	4.5	0.8	32.5	45	-45
	Aceite Motor					
Estribor	Doble Fondo	4.5	1.28	32.5	15	101
Babor	Doble Fondo	4.5	2.08	32.5	15	164
Fondo	Agua Marina	7	2.56	32.5	5	493
Total (Kcal/h)						960
Total (Kgvapor/h)						2.1

Con lo que se tendrá un consumo de 35,48 Kg de vapor a la hora.

16.1.15 Tanque almacén aceite de camisas

Deberá elevar la temperatura de 20°C a 45°C en 2 horas. Se tendrá en cuenta que existen dos tanques. Se tendrá los siguientes valores:

Tanque Almacén Aceite Camisas							
V	Ti	Tf	τ	ce	ρ	q1	qv1
(m3)	(°C)	(°C)	(h)			(Kcal/h)	(Kgv/h)
19	20	45	2	0.45	890	95118.75	190.24

Tanque Almacén Aceite Camisas						
Mamparo	Ambiente exterior	Ki	Si	Tm	Text,i	q2i
Proa	Cofferdam	4.5	29.88	32.5	10	3025
Popa	Cofferdam	4.5	29.88	32.5	10	3025
Techo	Cubierta Intemperie	4.5	4.68	32.5	10	473
Estribor	Cofferdam	4.5	15.43	32.5	10	1562
Babor	Cofferdam	4.5	14.06	32.5	10	1424
Total (Kcal/h)						9510
Total (Kgvapor/h)						19.0



Se tendrá un consumo de 418,48 Kg de vapor a la hora.

16.1.16 Tanque de servicio de aceite de las camisas.

Deberá elevar la temperatura de 20°C a 45°C en 2 horas. Se tendrá los siguientes valores:

Tanque de Servicio de aceite de Camisas							
V (m3)	Ti (°C)	Tf (°C)	τ (h)	ce	ρ	q1 (Kcal/h)	qv1 (Kgv/h)
1.5	20	45	2	0.45	890	7509.375	15.02

16.1.17 Tanque de aguas aceitosas.

Deberá elevar la temperatura de 20°C a 60°C en 4 horas. Se tendrá los siguientes valores:

Tanque de Aguas Aceitosas							
V (m3)	Ti (°C)	Tf (°C)	τ (h)	ce	ρ	q1 (Kcal/h)	qv1 (Kgv/h)
8.4	20	60	4	0.5	950	39900	79.8

Tanque de Aguas Aceitosas							
Mamparo	Ambiente exterior	Ki	Si	Tm	Text,i	q2i	
Proa	Doble Fondo	4.5	1.91	40	15	215	
Popa	Doble Fondo	4.5	1.91	40	15	215	
Babor	Doble Fondo	4.5	5.73	40	15	644	
Techo	Cámara de Máquinas	4.5	6.46	40	35	145	
Fondo	Agua Marina	7	6.46	40	5	1583	
Estribor	Doble Fondo	4.5	5.73	40	15	644	
Total (Kcal/h)						3446	
Total (Kgvapor/h)						6.9	

Se tendrá un consumo de 86,7 Kg de vapor a la hora.



16.1.18 Separador de aguas aceitosas

Se evaluará el consumo de vapor en este elemento con la expresión:

$$q_{\text{vapor}} = 0,6 \cdot Q = 0,6 \cdot 1547 = 928 \frac{\text{Kg}_{\text{vapor}}}{\text{h}}$$

Siendo Q el caudal en la separadora, 1547 Kg/h.

16.1.19 Pérdidas del servicio de vapor.

Se supondrá un 10% de pérdidas.

16.1.20 Balance de vapor.

Se estudiarán dos situaciones de trabajo, en puerto y en navegación. Con este cálculo se podrá establecer la cantidad de vapor que necesitaremos.



Consumo de Vapor					
Servicio	consumo (Kg/h)	Navegación		Puerto	
		Factor	Consumo	Factor	Consumo
Tanque de Sedimentación HFO	102.9	1.00	102.94	0.20	20.59
Tanque de Servicio Diario de HFO	121.06	1.00	121.06	0.20	24.21
Tanque de Lodos	273.02	0.50	136.51	0.00	0.00
Tanque Almacenamiento Aceite Motor 1	47.21	0.20	9.44	0.00	0.00
Tanque Almacenamiento Aceite Motor 2	46.99	0.20	9.40	0.00	0.00
Tanque de Aceite Sucio	35.5	0.20	7.10	0.20	7.10
Tanque Servicio Diario Aceite Motor	181.2	0.20	36.23	0.00	0.00
Tanque Almacén Aceite Camisas 1	209.3	0.20	41.85	0.00	0.00
Tanque Almacén Aceite Camisas 2	209.3	0.20	41.85	0.00	0.00
Tanque de Servicio de aceite de Camisas	14.84	1.00	14.84	0.00	0.00
Tanque de Aguas Aceitosas	86.7	0.20	17.34	0.20	17.34
Calentador Combustible Motor Principal	85.2	1.00	85.20	0.00	0.00
Tanque de Reboses de Combustible	208.5	0.20	41.70	0.20	41.70
Precalentador Depuradora de Combustible	228	1.00	228.00	0.00	0.00
Precalentador Purificadora de Aceite	37	1.00	37.00	0.20	7.40
Calefacción Aire Habitación	407	0.50	203.50	0.50	203.50
Calentador Agua Caliente Sanitaria	160	0.50	80.00	0.50	80.00
Servicios de Hotel	24.7	0.50	12.35	0.50	12.35
Separador de Aguas Aceitosas	928	0.20	185.60	0.00	0.00
Tanque de Almacén HFO 1	367.7	0.25	91.93	0.20	73.54
Tanque de Almacén HFO 2	367.7	0.25	91.93	0.20	73.54
Tanque de Almacén HFO 3	367.7	0.25	91.93	0.20	73.54
Tanque de Almacén HFO 4	367.7	0.25	91.93	0.20	73.54
Pérdidas del Servicio de Vapor	487.7		177.96		70.84
TOTAL	5364.9		1957.60		779.20

Se necesitará por tanto 1957,6 Kg vapor a la hora en navegación y 779,2 Kg a la hora en puerto. Como se vio en el cuaderno 7, el barco tendrá una caldera de gases de escape que permitirá una producción de 1336,7 Kg de vapor a la hora con el motor principal y 298,5 Kg vapor a la hora con cada auxiliar, pero estos valores son con los motores a máxima potencia, que muy pocas veces se logrará. Por lo tanto de estas cantidades máximas se supondrá que el motor principal será capaz de generar el 80% de su valor máximo de vapor y en



puerto al estar parado no generará vapor de agua, para los motores auxiliares se supondrá un 70 % en navegación y un 70% en puerto.

Por lo que se tendrá que el vapor que debe generar la caldera en navegación es de 680 Kg_{vapor}/h y en puerto 570,25 Kg_{vapor}/h. Por lo que se instalará una caldera capaz de generar 1000 Kg_{vapor}/h que satisfará las necesidades tanto en navegación como en puerto. Tendrá las siguientes características:

CARACTERÍSTICAS CALDERA DE VAPOR	
PRODUCCIÓN DE VAPOR	1000 KG _{VAPOR} /H
PRESIÓN DE TRABAJO	7,5 KG/CM ²
TEMPERATURA DEL VAPOR	167°C
RENDIMIENTO TÉRMICO	0,96
COMBUSTIBLE	FUEL OIL

Su consumo será de 65,4 Kg/h tal como indica el fabricante, ya que escogemos una caldera marca Miura, modelo EH-1000.

16.2 OTROS ELEMENTOS DEL SISTEMA GENERADOR DE VAPOR.

16.2.1 Enfriador de purgas.

Se encargará de bajar la temperatura de todos los caudales de agua que llegan de los condensados de todos los elementos del sistema. Se reducirá la temperatura de 206°C a 80°C. Será de tubos por los que circule agua marina, por lo tanto se fabricará de materiales resistentes a la corrosión.



16.2.2 Tanque de agua de alimentación de las calderas.

Tendrá comunicación con el tanque almacén de agua dulce a través de una válvula de flotador para garantizar así un nivel mínimo y que las bombas de alimentación no se desceben.

Deberá alimentar las calderas para su producción durante una hora. Se añadirá un margen del 20%.

$$V = 1000 \cdot 1,2 \cdot 10^{-3} = 1,2 \text{ m}^3$$

16.2.3 Bombas de alimentación de agua de las calderas.

Habrà tres bombas, una de ellas de respeto. Serán de tipo centrífugo con una capacidad tal que una sólo de ellas abastezca de agua a las calderas en su totalidad. Se considerará un margen del 10% y un rendimiento del 0,65.

Bombas de alimentación de agua de la caldera	
Unidades instaladas/en servicio	2/1
Tipo	Centrífuga
Caudal	1,1 m ³ /h
Presión	70 m.c.a.
Potencia eléctrica	0,5 KW

16.2.4 Bombas de alimentación de la caldera de gases de escape.

Las calderas de gases de escape darán una producción de 2291,4 Kg_{vapor}/h a una presión de 6 Kg/cm². La bomba de alimentación tendrá una capacidad de 2,232 m³/h y trabajará a 8 Kg/cm². Se supondrá un rendimiento mecánico del 0,65.



Bombas de alimentación calderas gases escape	
Unidades instaladas/en servicio	2/1
Tipo	Centrífuga
Caudal	2,232 m ³ /h
Presión	80 m.c.a.
Potencia eléctrica	1 KW

16.2.5 Condensador y bomba de extracción de condensado.

Recogerá el exceso de vapor producido y lo condensará. Se dispondrá de dos bombas, una de ellas de respeto.

Bombas de extracción de condensado	
Unidades instaladas/en servicio	2/1
Tipo	Centrífuga
Caudal	3 m ³ /h
Presión	70 m.c.a.
Potencia eléctrica	1 KW

17 ANEXOS



ANEXO I

CALDERA DE VAPOR



ANEXO II

HELICE DE MANIOBRA

FACTORIAS VULCANO

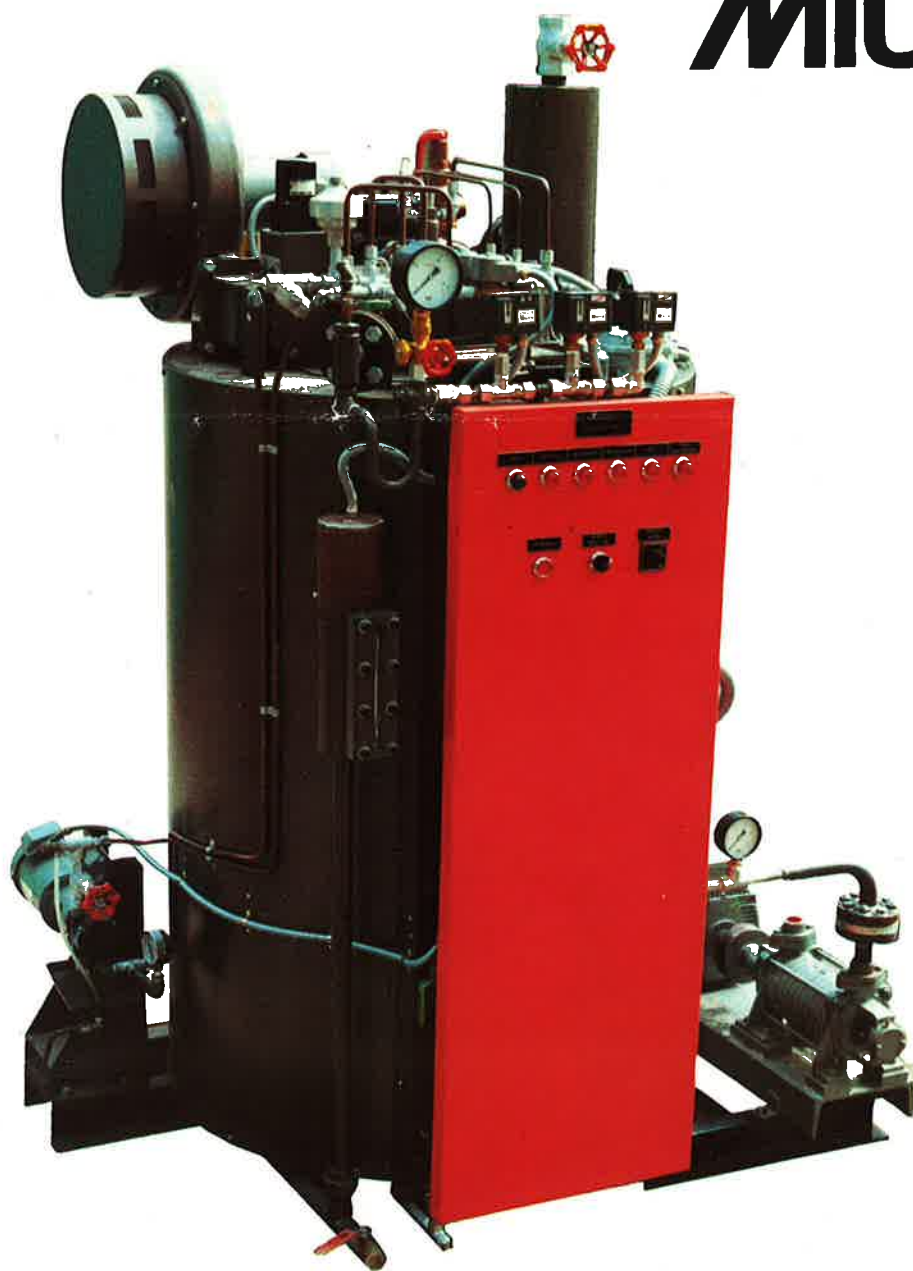
Enrique Lorenzo y C^{ia}, S. A.

VIGO

Licencia: MIURA CO., LTD. (Japón)

CALDERA DE RAPIDA VAPORIZACION

MIURA



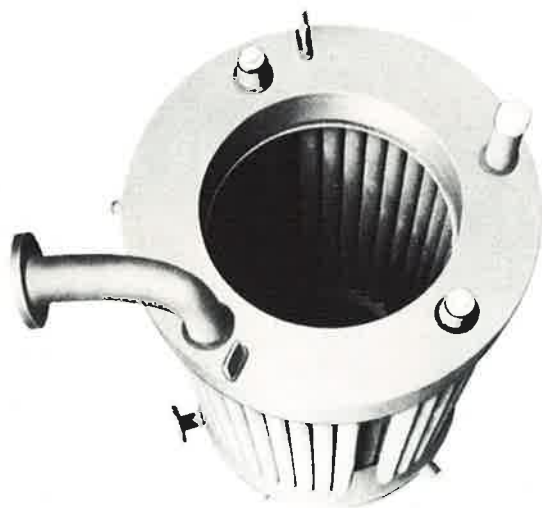
NUESTRA PRESENTACION DE LA CALDERA "MIURA"

La caldera acuotubular de vapor "MIURA", es fruto de más de 20 años de investigación japonesa. Consta de 2 colectores anulares unidos entre si por tubos rectos verticales, que aseguran una adecuada circulación para conseguir una rápida producción de vapor.

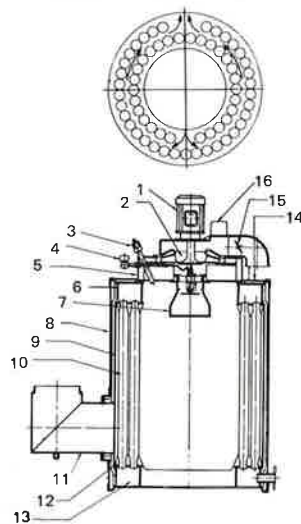
Debido a la disposición del hogar y superficie de calefacción, se consiguen altas velocidades de circulación de los gases de la combustión entre los tubos, con óptima absorción de calor y evitación de la acumulación de hollín.

Los quemadores "MIURA TIPOS CA Y TA" se han diseñado específicamente para su utilización en estas calderas. Su elevado rendimiento se mantiene durante el funcionamiento por medio del control automático del combustible a atomizar y la cantidad de aire según la demanda de vapor.

CUERPO RESISTENTE

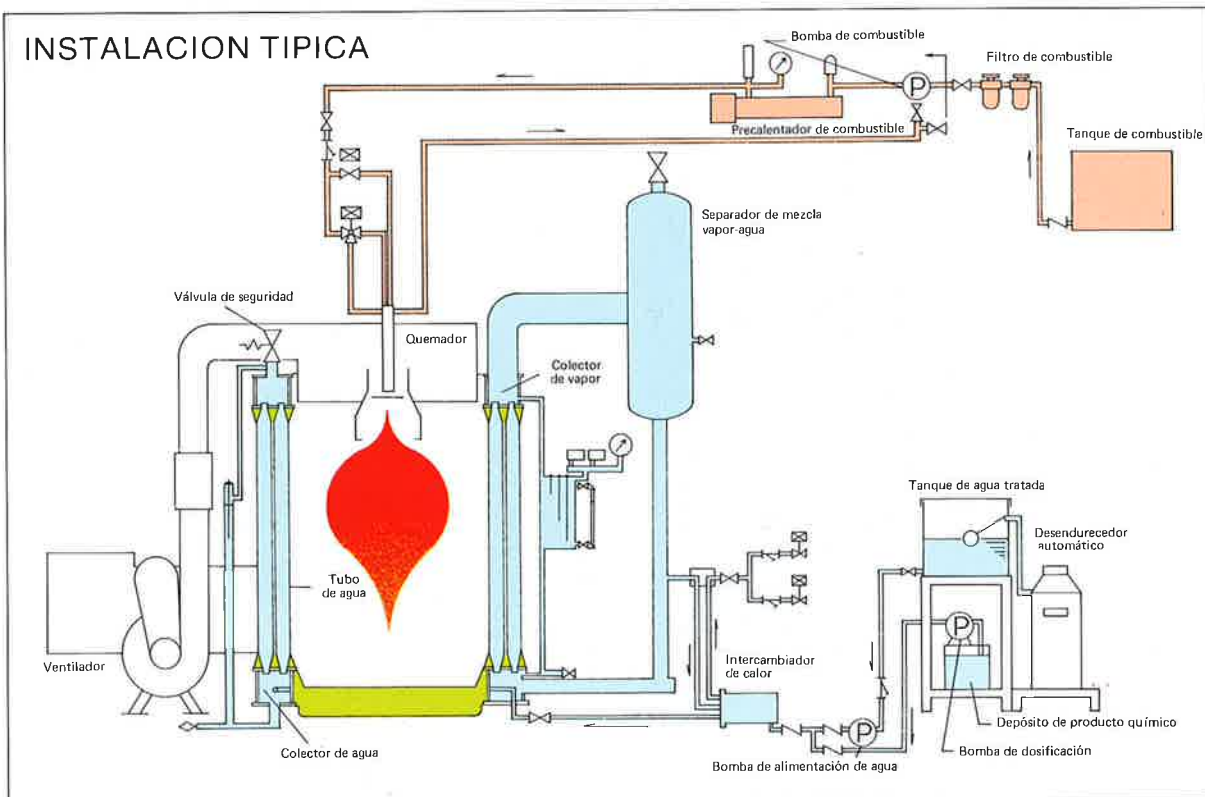


FLUJO DE GASES COMBUSTION



- | | | | |
|----------------------|---------------------|-----------------------|----------------------------|
| 1. MOTOR VENTILADOR | 5. CAJON DE AIRE | 9. AISLAMIENTO | 13. COLECTOR |
| 2. VENTILADOR | 6. AISLAMIENTO | 10. TUBOS AGUA | 14. TAPA SUPERIOR |
| 3. MIRILLA | 7. REGISTRO DE AIRE | 11. CONDUCTO CHIMENEA | 15. GRAMPA |
| 4. VALVULA SOLENOIDE | 8. ENVOLVENTE | 12. REFLECTARIO | 16. TRANSFORMADOR IGNICION |

INSTALACION TIPICA



CALDERAS DE AVANZADO DISEÑO

ALTO RENDIMIENTO

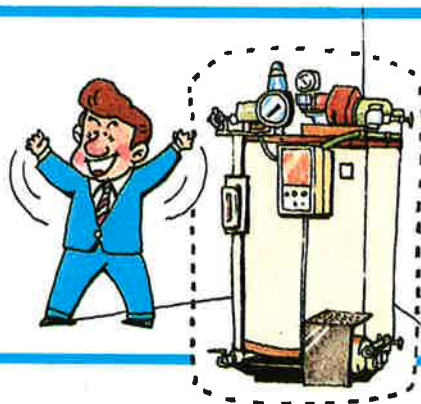
Si comparamos el rendimiento, seguridad y facilidad de manejo de las calderas MIURA con cualquier caldera del mismo tipo disponible en el mercado, comprobará



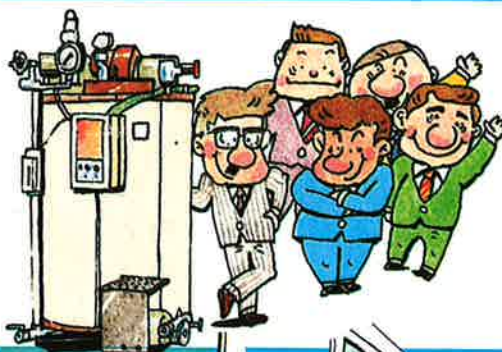
que la caldera MIURA es superior en todos los aspectos sobre todo teniendo en cuenta sus reducidos costos energéticos. Una característica fundamental de la caldera MIURA es su calidad, la cual se logra con la utilización de materiales de alta calidad y mano de obra especializada.

MINIMAS NECESIDADES DE ESPACIO

La caldera MIURA es de diseño compacto y requiere poco espacio para su instalación. Ya que no necesita sala de calderas, puede ubicarse en el mismo taller.



FACILIDAD DE MANEJO



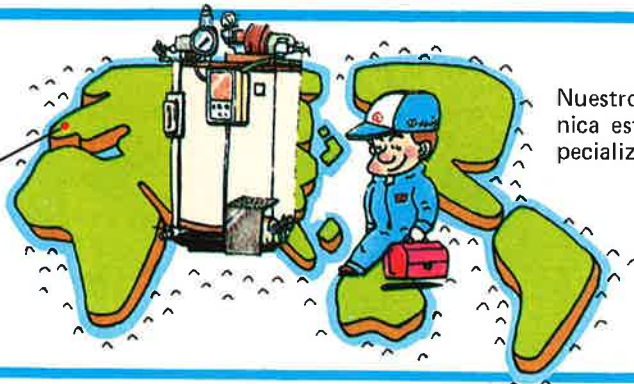
Todos los mandos e instrumentos de medición están centralizados en el frente de la caldera, facilitando de este modo la maniobra de la misma.

PUESTA A REGIMEN EN 3-4 MINUTOS

Se obtiene vapor a la presión estipulada a 3 - 4 minutos de la puesta en marcha de la caldera, permitiendo que el proceso entre en funcionamiento casi de inmediato.

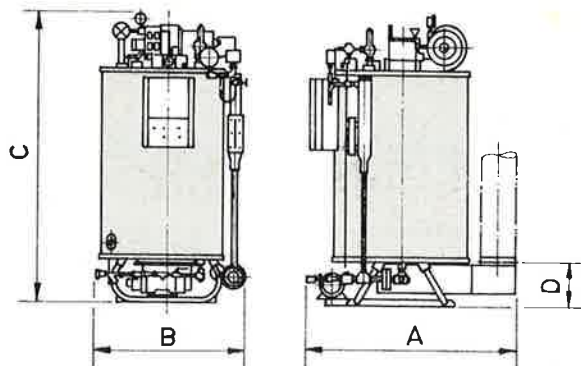


SERVICIO POST VENTA

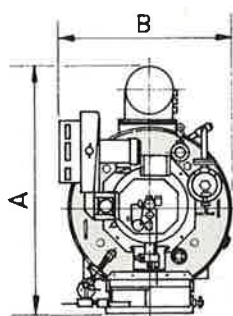


Nuestro Servicio de Asistencia Técnica está atendido por técnicos especializados.

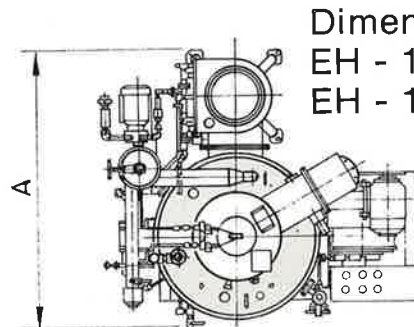
DATOS GENERALES



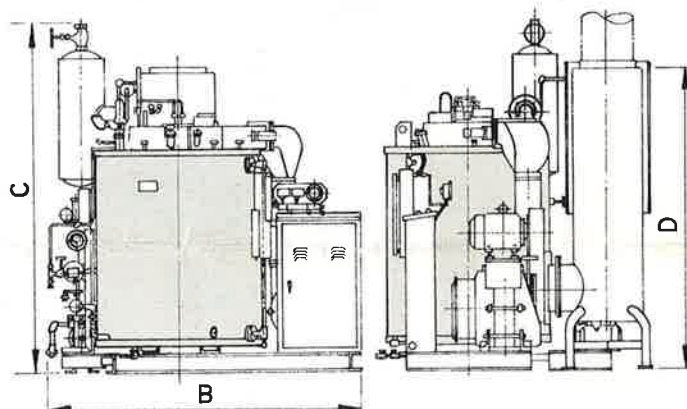
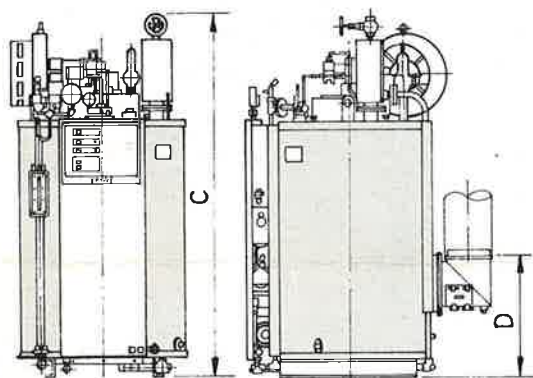
Dimensiones
FH - 100
FH - 200
FH - 300



Dimensiones
EH - 500
EH - 750



Dimensiones
EH - 1.000
EH - 1.500



TODOS LOS GENERADORES ESTAN ENCUADRADOS EN CATEGORIA "C" (ITC. MIE - AP1)

CALDERA		FH-100	FH-200	FH-300	EH-500	EH-750	EH-1000	EH-1500
PRESION DE TIMBRE	Kg./Cm ²	6	10	10	10	10	10	10
PRODUCCION	Kg./h.	100	200	300	500	750	1000	1500
(Agua alimentación 100°C) Kcal./h. x 10 ³		56,4	112,8	169,2	282	423	564,1	846,1
RENDIMIENTO %		87	87	87	87	87	88	88
DIMENSIONES EN m/m	A	870	1150	1560	1400	1625	1990	1915
	B	1030	910	890	975	1160	1745	2195
	C	1380	1660	1930	2020	2055	2140	2490
	D	705	235	205	685	715	1485	2410
CONEXIONES	Ø CHIMENEA	150	210	250	250	290	330	350
	Ø ESCAPE VALVULA SEGURIDAD	25	25	25	32	40	50	50
	Ø VALVULA VAPOR PRINCIPAL	20	25	25	32	32	50	50
	Ø VALVULA DE PURGA	25	25	25	25	25	25	25
	Ø AGUA ALIMENTACION	15	15	15	15	20	25	32
	Ø ENTRADA COMBUSTIBLE	15	15	15	15	20	20	20
PESO MAXIMO DE LA CALDERA Kg.								
EN SECO		285	425	590	950	1250	1960	2200
EN SERVICIO		470	660	950	1320	1410	2810	3360
CONSUMO Kg/h.	GASOLEO	6,6	13,2	19,8	33	49,6	65,4	98,1
	FUEL-OIL N.º 1	—	—	—	33,4	50,1	66,1	99,1
QUEMADOR		1 llama	1 llama	1 llama	2 llamas	2 llamas	2 llamas	2 llamas

Las dimensiones, pesos y demás datos reflejados en este catálogo pueden ser modificados sin previo aviso.



FACTORIAS VULCANO

Enrique Lorenzo y C^{ia}, S. A.

VIGO - ESPAÑA

Teléf. 986-217501

Telex 83049 ELCSA

Apartado 1507

Dirección comercial: Zurbano, 73 MADRID - 3 Teléfs. 91-4416954 - 91-4416754 - Telex 45095 ELCM E

WÄRTSILÄ

Thrusters

**WÄRTSILÄ TRANSVERSE
THRUSTER SOLUTIONS**

ENERGY
ENVIRONMENT
ECONOMY





Wärtsilä specializes in complete ship propulsion systems. Besides our marine engines, we are also well known worldwide as a designer and manufacturer of WÄRTSILÄ® fixed pitch and controllable pitch propellers, waterjets, gearboxes, transverse tunnel thrusters and steerable thrusters.

Several thousand transverse thrusters are in operation today, the first of which were delivered back in 1964. Since 1996 Wärtsilä has produced a standard family of transverse thrusters (controllable, CT, and fixed pitch, FT) in the power range up to 3300 kW.

Many operators rely on the performance of the Wärtsilä transverse thruster while manoeuvring in harbour or for maintaining dynamic positioning all over the globe.

DESIGN PHILOSOPHY

Wärtsilä has given top priority to reliability and durability when designing the current range of thrusters.

The transverse thruster offers considerable savings in operational costs due to:

- Reliable and durable components
- Long lifetime of the bearings and gears
- High efficiency
- Maintenance-friendly design.

The Wärtsilä transverse thruster design is highly standardized and optimized for use in:

- All sea-going vessels
- Special ships with high demands for dynamic positioning (DP).

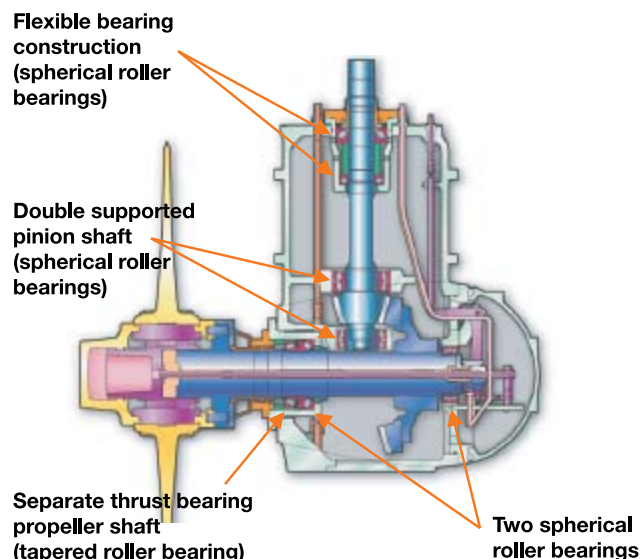
Although our transverse thruster is a standard design, developed to cover the practical range of applications, special designs may be required in certain cases.



Barge carrier Smit Pioneer is equipped with three LIPS CT250 transverse thrusters.



The passenger RoRo vessel Seafrance Rodin is equipped with four LIPS CT225 transverse thrusters.



We have the know-how and skills to help our customers solve such problems and construct a system tailored to their needs.

The Wärtsilä transverse thruster offers major technical benefits:

- Designed with the smallest possible tunnel diameter, which minimizes the mounting space in the vessel and increases hull efficiency
- Designed for maximum thrust (within class requirements)
- High efficiency obtained by adapting the propeller design to the tunnel diameter and to optimize the flow towards the propeller
- Standard blades of backward skewed design with rounded tips, resulting in optimum thrust efficiency while obtaining a more gradual change in the cavitation volume
- A large blade area to keep cavitation volume as low as possible. This results in maximum thrust output at minimum noise and vibration levels, giving optimum comfort in the accommodation.

MARKET REQUIREMENTS

The market requires transverse thrusters with full performance capabilities in both normal conditions and during continuous running for dynamic positioning. High-quality materials and well-proven designs are a must.

We believe that flexibility and creativity in all projects is the best way to support owners, operators, consultants and yards. The design of the Wärtsilä transverse thruster enables us to provide flexible and dedicated solutions for any requirement.

The concept further offers reduced lead times and easy availability of spare parts. Long design experience, use of the highest quality materials, and special solutions like double support for the pinion wheels, sealing solutions and the proven long lifetime of our gears and bearings, make us a unique Ship Power partner in all markets.

Whatever the market requires, we can deliver standard, can-mounted transverse thrusters. We also give top priority to providing service and spare parts worldwide, anywhere and at any time.

FEATURES AND BENEFITS

BEARING ARRANGEMENT

Wärtsilä transverse thrusters make exclusive use of anti-friction spherical roller or tapered roller bearings, which run completely immersed in ISO 150 gear type lubricating oil.

A split axial and radial bearing layout is applied: each bearing has a specific function and therefore performs optimally. Bearing lifetime is in the order of 60,000 hours based on an average operating profile.

SEALS

High-quality seals are fitted on the propeller shaft and pinion shaft to prevent water ingress or oil leakage.

PINION SHAFT

Standard viton lip seal combined with a nitride hardened liner.

PROPELLER SHAFT

Standard NBR lip seals combined with a

stainless steel liner and a rope guard (split steel cover).

OPTIONAL:

- Viton lip seals with ceramic coated corrosion resistant liner
- Specific customer requirements.

GEAR SET / CONTACT PATTERN

The bevel gears (pinion and crown wheel) are of the Cyclo-palloid HPG type. The teeth are fine-machined when the hardening process is completed successfully.

When finished, the gearwheels comply with Class 6 or better under DIN 3965. Optimal tooth contact is achieved by precise adjustment of the gear wheels. Deflection of the gear mesh under variable load is prevented because the pinion is supported by radial roller bearings at both sides (lower bearing in cast-in straddle).

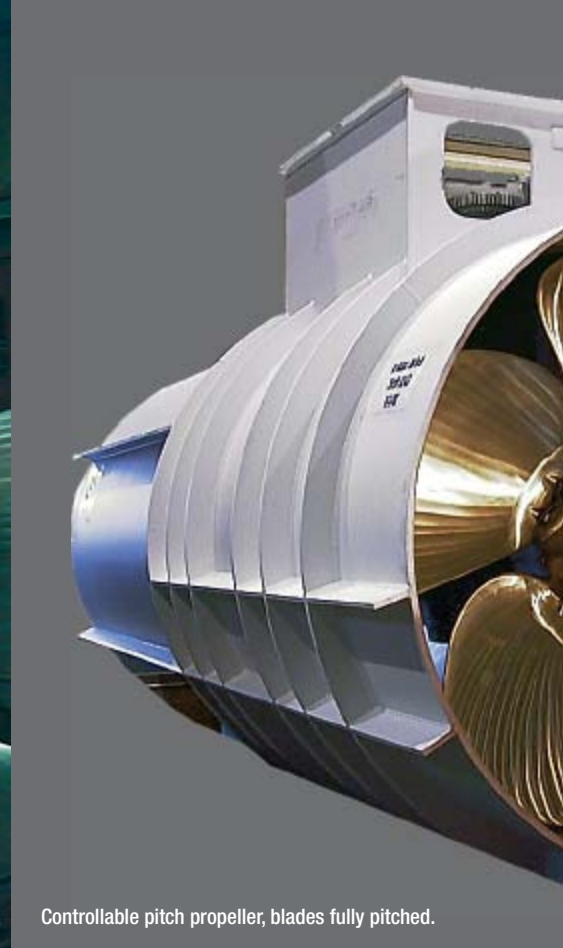
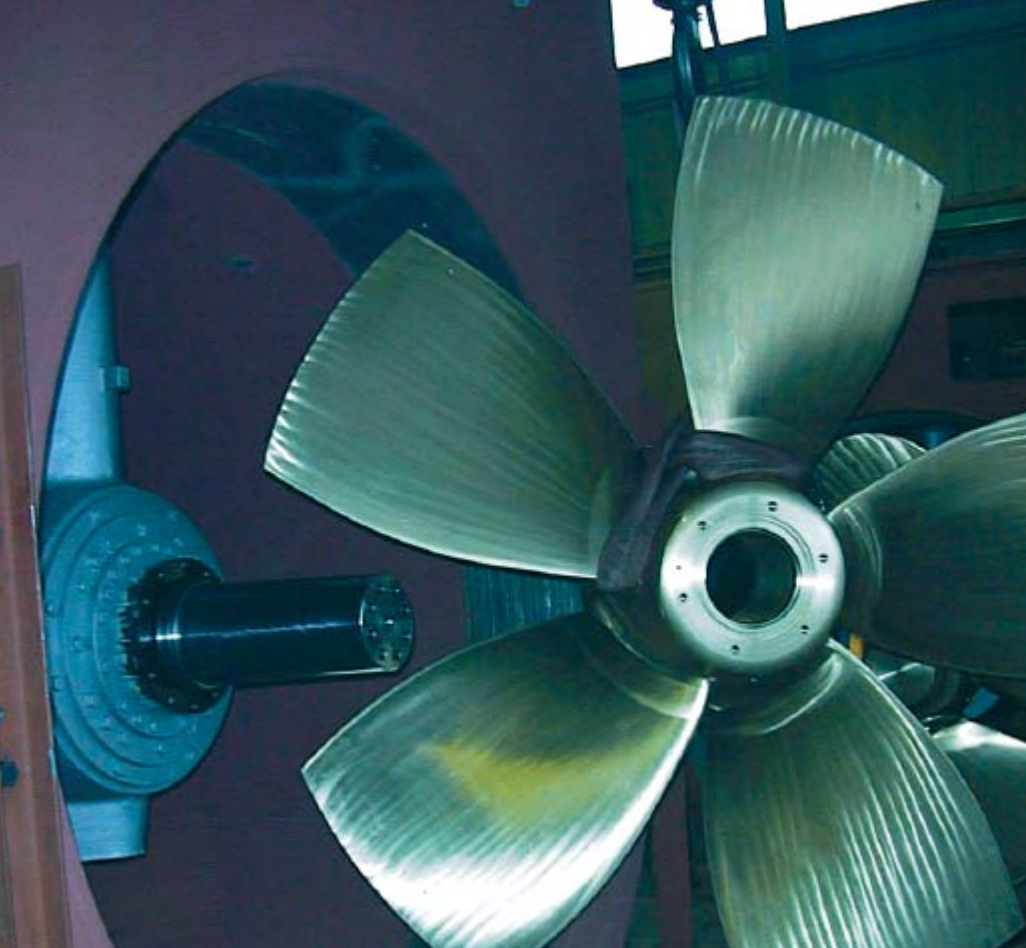
All in all, gearwheel lifetime is infinite.

PROPELLER DESIGN

Hub and blades are cast of patented Cunial® bronze. The propeller diameter ranges from 1.25 m to 3 m.

A large blade area is chosen to keep the cavitation volume as low as possible. This design results in maximum thrust output with minimum noise and vibration to achieve optimum comfort in the accommodation. The thrust achieved is approximately 0.15 kN/KW based on our standard tunnel configuration.

The well-balanced combination of materials minimizes electrochemical corrosion.



Controllable pitch propeller, blades fully pitched.

SELECTION OF TRANSVERSE THRUSTERS

CT TRANSVERSE THRUSTER DESIGN OFFERS:

- Controllable pitch propeller blades actuated by a hydraulic cylinder yoke. Together with the mechanically linked feedback system, this creates a smooth, fast, reliable and accurate pitch control system
- Blades of skew back design
- Compact hub design which is also applied for controllable pitch propellers and steerable thrusters
- Pitch-to-zero-system to minimize trailing under sailing conditions

FT TRANSVERSE THRUSTER DESIGN OFFERS:

- Propeller hydro dynamically designed for every specific order (4 or 5 blades)
- Hydraulic shrink-fitted propeller to the propeller shaft
- Optional: electric motor with 3-step and stepless speed control

Selection criteria for applying CT versus FT

		FT 3-step (AUX) ¹⁾	FT stepless (DP) ²⁾	CT
Drive E-motor		slip-ring	squirrel cage	squirrel cage
Speed control		3 steps	frequency	constant
Thrust control		fixed steps less fast	smooth and fast	smooth and fast
Joystick/DP		not fit	fit	fit
Maintenance		more	less	most
Power efficiency		fair	good	fair
Noise and vibrations	Standby Full power	good fair	good fair	fair good
Dimensions		less compact	extensive	compact

TUNNELS

Our standard tunnel section is made of rolled mild steel, the thickness and length of which depend on the propeller diameter. The tunnel is reinforced by three rings that can be welded directly into the ship's structure.

The tunnel arrangement can be manufactured for both vertical or horizontal installation.

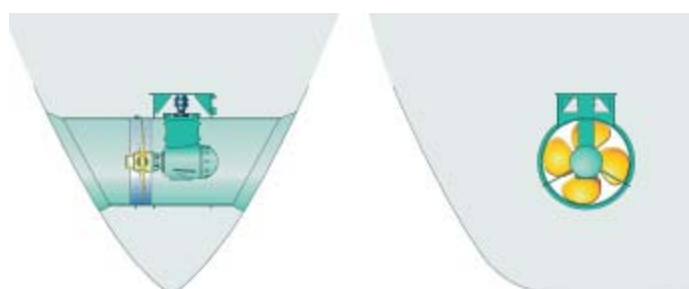
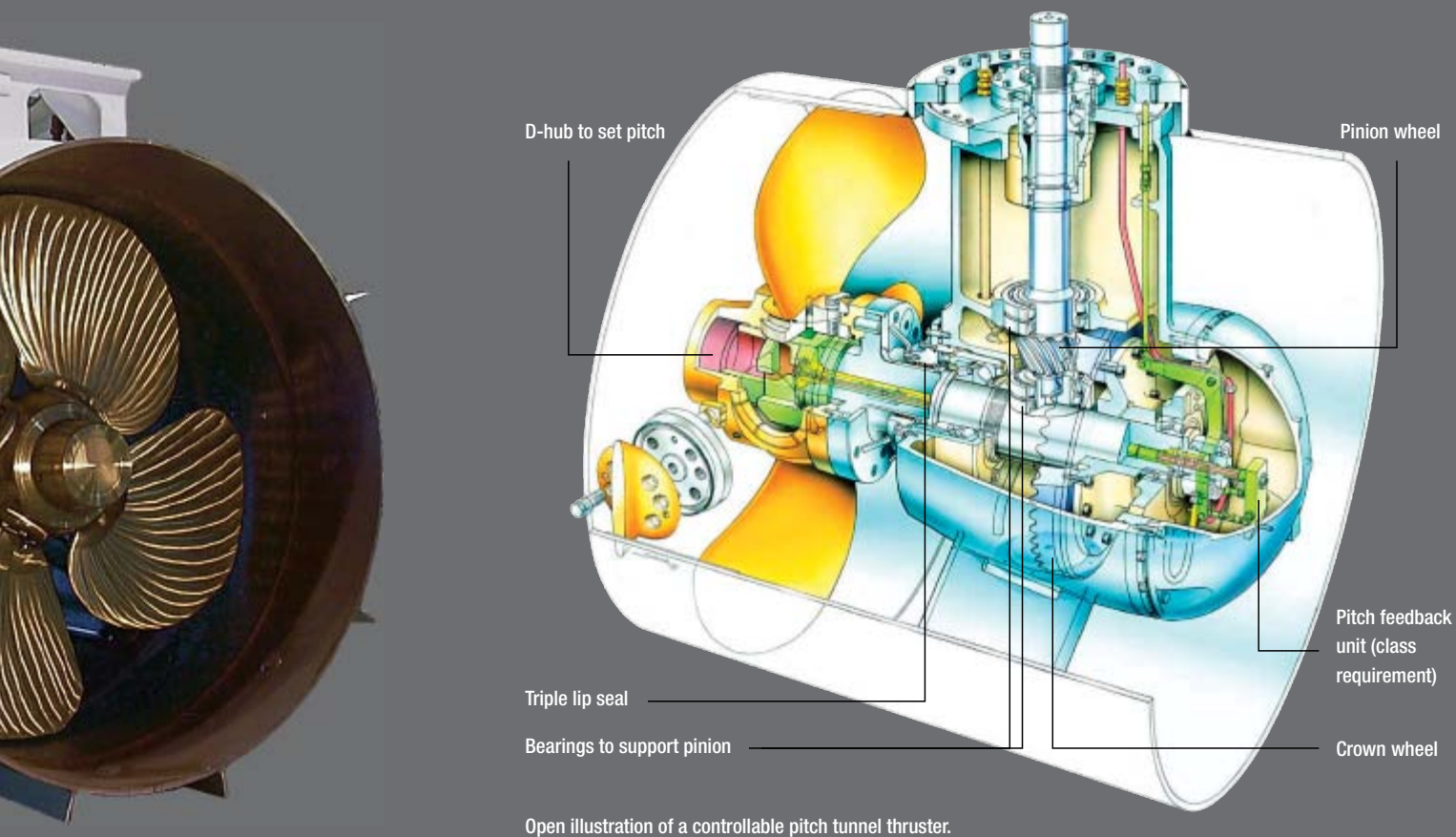
Special arrangements are possible:

- (Dis-) mountable tunnel
- Split delivery (tunnel in advance).

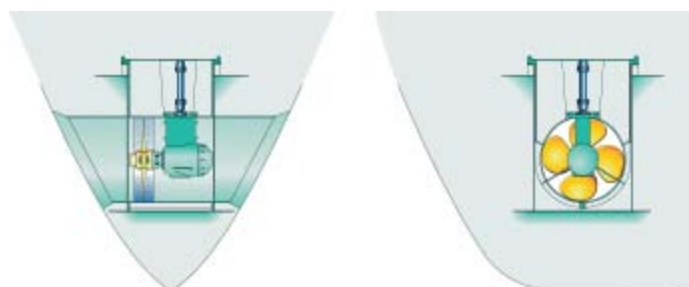
OPTIONS

- With or without motor support
- Extra tunnel length
- Extra reinforcement rings
- Longitudinal stiffeners
- Stainless steel liner
- Cladded stainless steel liner
- Tunnel ends cut according to hull form
- Special customer demands fulfilled

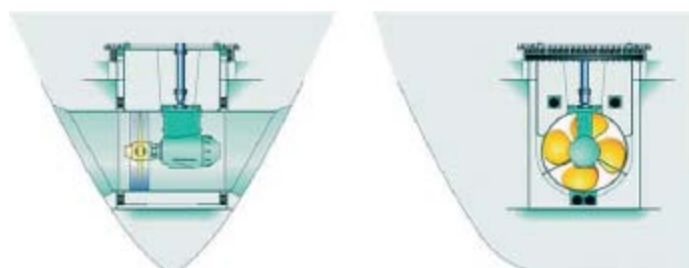
Our specialists can advise you about the optimum tunnel location, the best configuration for the entrance and the geometry of the grids to ensure maximum efficiency.



Weld-in tunnel.



(Dis-) Mountable construction.



Low noise (dis-) mountable construction.

AUXILIARY SYSTEMS

Each transverse thruster has its own independent auxiliary system consisting of:

- Hydraulic/lubrication systems
- Remote control system
- Optional: electric motor.

HYDRAULIC/LUBRICATION SYSTEMS

LUBRICATING SYSTEM:

- Header tank is loose supplied and mounted on a certain level above the thruster, to obtain over-pressure in the submerged part of the thruster
- No extra pump is needed
- Oil type: mineral ISO 150/100.

HYDRAULIC PITCH ACTUATING SYSTEM (CT ONLY):

- Power pack tank (located near thruster)
 - Pump E-motor driven
 - Control valve
 - Level switch
 - Filter mounted on top of tank
- Oil type: mineral ISO 150/100.

OPTIONS:

- Two pumps (each 50% or 100%, DP class requirement),
- Oil cooler
- Oil heater
- Temperature switch
- Power pack air pressurized

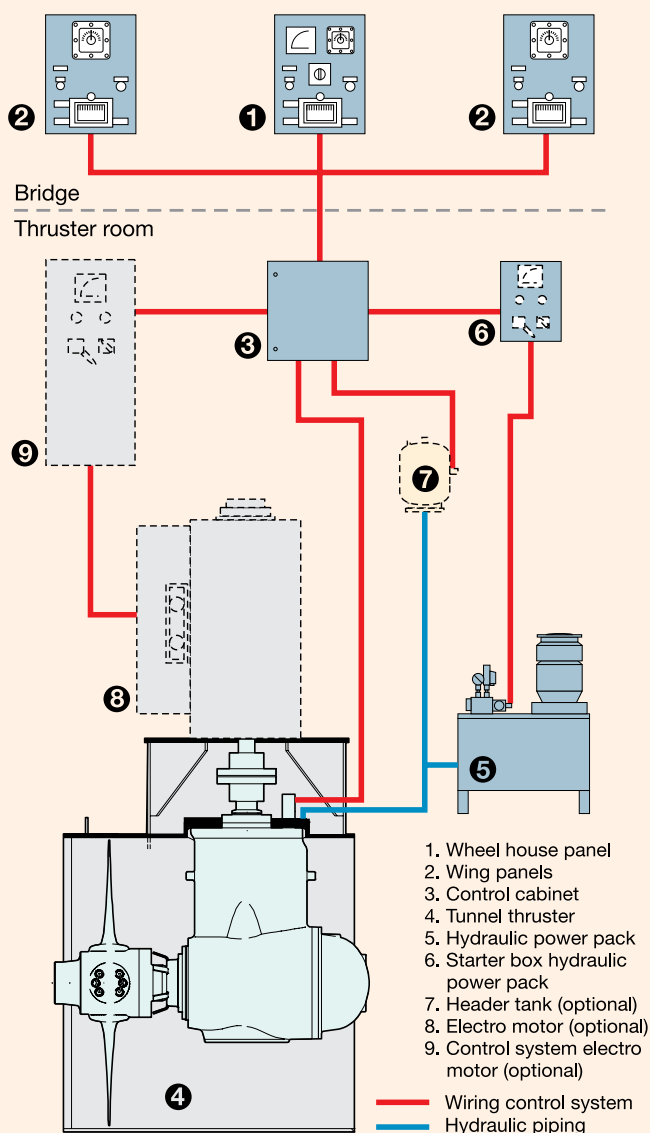
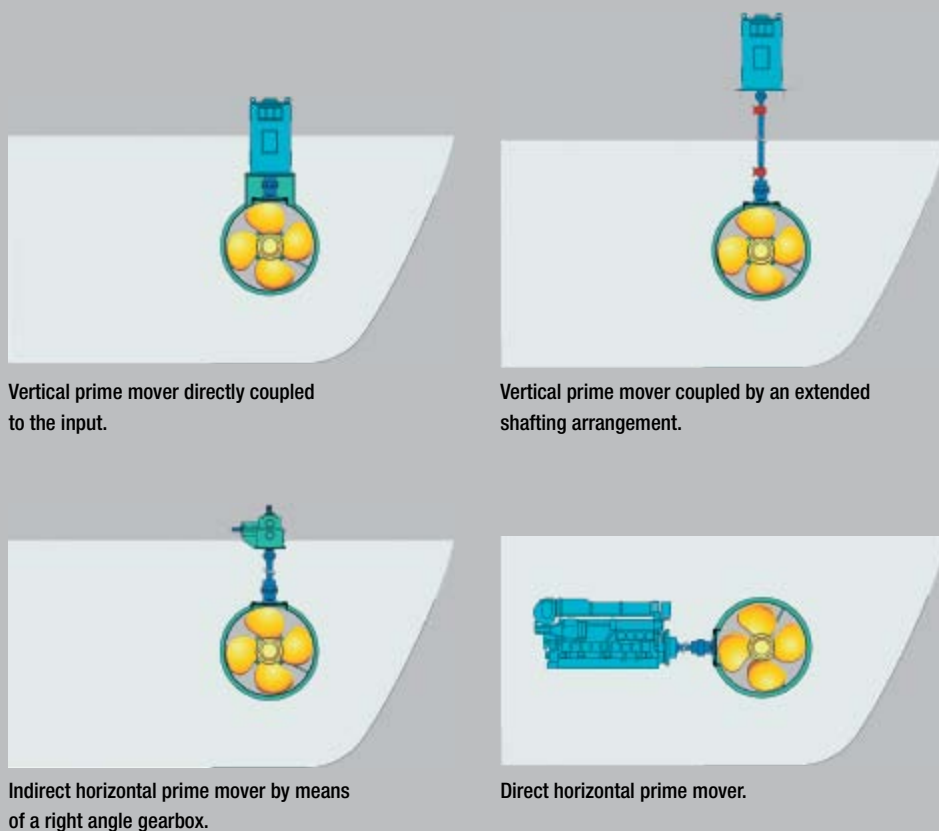
REMOTE CONTROL SYSTEM(S)

Wärtsilä can supply various types of remote starting equipment and remote controls.

Controllable pitch transverse thrusters have an electrically operated pitch control system. The control panels, normally located on the bridge wheelhouse and wings, can be situated at various locations depending on the type and function of the vessel.

OPTIONS:

- Portable control panel
- VDR interface.





The Wärtsilä Plant in Wuxi, PR China, has produced transverse thrusters since end 2004.

WORLDWIDE SERVICE AND MAINTENANCE

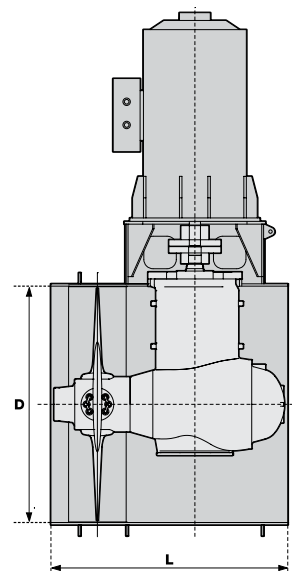
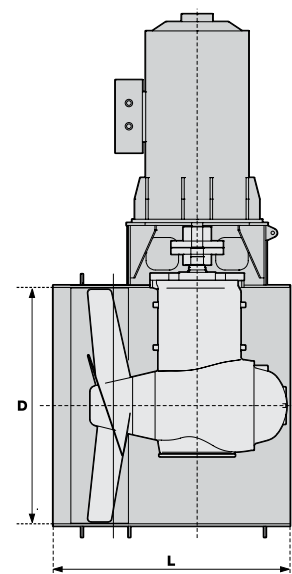
Worldwide service stations are available to provide you with spare parts and support by professional service engineers. Well equipped workshops contribute to our ability to give you high-quality local service.

When necessary the service stations can count on dedicated support from our thruster engineering team. Professional and quick support at low cost is near to your place of operation.

Type	Electr. freq.	Rational frequency		Max. power (kW) ¹		D	L	Mass ²
	(Hz)	Input (rpm)	Output (rpm)	Manoeuvring	Dynamic positioning	(mm)	(mm)	(kg)
CT/FT125 H	60	1755	519	614	404	1250	1550	2800
	50	1465	433	516	341			
CT/FT150 H	60	1755	430	880	589	1500	1800	4200
	50	1465	359	735	492			
CT/FT175 H	60	1755	379	1025	713	1750	2000	5900
	50	1465	316	900	595			
CT/FT175 M	60	1170	371	995	995	1750	2000	5900
	50	975	309	829	829			
CT/FT200 H	60	1170	263	1115	742	2000	2250	8100
	50	1465	329	1394	928			
CT/FT200 M	60	1170	324	1515	1227	2000	2250	8100
	50	975	270	1262	1022			
CT/FT225 H	60	1170	287	1785	1201	2250	2350	11500
	50	975	239	1487	1001			
CT/FT225 M	60	880	266	1649	1478	2250	2350	11500
	50	975	295	1827	1502			
CT/FT250 H	60	1170	265	2175	1458	2500	2550	13800
	50	975	221	1813	1215			
CT/FT250 M	60	880	233	1998	1599	2500	2550	13800
	50	975	259	2213	1754			
CT/FT275 H	60	880	216	2532	1735	2750	2800	17800
	50	975	239	2805	1923			
CT/FT275 M	60	880	238	2569	2241	2750	2800	17800
	50	735	199	2145	1858			
CT/FT300 H	60	880	216	3145	2454	3000	3000	22700
	50	735	180	2625	2035			
CT/FT300 M	60	705	210	3405	2657	3000	3000	22700
	50	735	219	3550	2771			

1) Max. power is dependent on sailing profile and classification society requirements.

2) Includes a standard tunnel with e-motor support.



Wärtsilä is a global leader in complete lifecycle power solutions for the marine and energy markets. By emphasising technological innovation and total efficiency, Wärtsilä maximises the environmental and economic performance of the vessels and power plants of its customers. Wärtsilä is listed on the NASDAQ OMX Helsinki, Finland.

WÄRTSILÄ® is a registered trademark. Copyright © 2009 Wärtsilä Corporation.

ENERGY
ENVIRONMENT
ECONOMY

WARTSILA.COM





INDICE:

1	CONSIDERACIONES PREVIAS	3
2	DEFINICION DE PLANTA ELECTRICA, TENSIONES, FRECUENCIA Y DISTRIBUCION	3
3	PLANTA Y REDES A BORDO	4
4	TIPOS DE CONSUMIDORES A BORDO	5
5	SITUACIONES DE CARGA ELECTRICA.....	7
6	BALANCE ELECTRICO.....	8
7	GRUPOS GENERADORES.....	10
8	TRANSFORMADORES.....	11
9	CUADROS Y CABLES	12
9.1	CUADRO PRINCIPAL.....	12
9.2	OTROS CUADROS.....	13
10	SITUACIONES DE EMERGENCIA	15
11	RESUMEN DE UTILIZACION DE LA PLANTA GENERADORA.....	16
12	ANEXOS	16



Proyecto 1624

PORTACONTENEDORES 650 TEU'S

Cuaderno 11: **PLANTA ELECTRICA**



1 CONSIDERACIONES PREVIAS

En este cuadernillo realizaremos el cálculo de la potencia eléctrica requerida durante los distintos estados de funcionamiento del buque.

La planta de generación constará de grupos alternadores ya que no pondremos generador de cola pues la hélice de nuestro buque no es de paso variable, lo que nos llevaría a tener que instalar un sistema electrónico para fijar la revoluciones no fijas del motor.

2 DEFINICION DE PLANTA ELECTRICA, TENSIONES, FRECUENCIA Y DISTRIBUCION

La corriente será alterna pues presenta grandes ventajas para la transmisión. Las diferentes tensiones se pueden clasificar en los siguientes grupos:

- Baja tensión, entre 50 y 500 V
- Media tensión, entre 500 y 1000 V

La elección de tensión y frecuencia de nuestra red de fuerza vendrá condicionada por las características de los consumidores más importantes, ya que los consumidores de gran potencia suelen necesitar tensiones elevadas. En nuestro caso escogemos 440 V y 60 HZ, que aunque no es la habitual en Europa (380 V y 50 Hz), permite la adaptación a las tensiones europeas (cosa que no ocurre a la inversa) y además se consigue un ahorro en el peso de equipos y cables, lo que conlleva un menor coste.

La distribución a bordo se realiza mediante una red trifásica existiendo líneas de monofásica a 220 V para pequeños consumidores y electrodomésticos. Por lo tanto el tipo de conexión habitual será la trifilar con neutro conectado a tierra y sin retorno por casco, una de las indicaciones del Bureau Veritas.



Hay diversos consumidores que requieren ser alimentados con distintos valores de tensiones por lo que se disponen de transformadores como para la red de alumbrado, sistemas electrónicos, la red continua de baja de 24 V, etc., y otros que poseen fuentes de alimentación propias (baterías, etc.).

3 PLANTA Y REDES A BORDO

Las fuentes de energía eléctrica que se suelen encontrar a bordo son:

- a) La planta principal, compuesta por tres generadores con capacidad para funcionamiento en paralelo y suministrar la potencia necesaria en las distintas condiciones de operación estando un grupo fuera de servicio. Se sitúan en la cámara de máquinas.
- b) La planta de emergencia, compuesta por un pequeño grupo diesel-generator dimensionado para atender a los consumidores de emergencia; vienen citados por la sociedad de clasificación y es aquel cuya misión es suministrar energía eléctrica para el salvamento del buque, abandono u otra situación de emergencia.
- c) Planta de baterías, compuesta por baterías recargables generalmente y cuya misión es proporcionar continuidad a los sistemas electrónicos vitales.

Lo normal es que la planta principal y la de emergencia generen a la misma tensión y frecuencia compartiendo la misma red de distribución.

La red de distribución se encuentra compuesta por la interconexión de distintos cuadros de conexión con los generadores, motores y otros consumidores. De este modo los generadores principales se conectan al cuadro principal que se conecta a los distintos cuadros primarios, éstos a los secundarios, etc.. El grupo de emergencia se conectará al cuadro de emergencia. La disposición de nuestra red será en árbol, así cada línea se dimensionará para los distintos consumidores que cuelgan de ella.



Habr  también una conexión a tierra para que el barco pueda ser alimentado por la red de distribución del puerto.

4 TIPOS DE CONSUMIDORES A BORDO

Se pueden clasificar en:

- a) Servicios no esenciales, son aquellos que en caso de fallo no afecta a las operaciones seguras del buque.
- b) Servicios esenciales, son aquellos vitales para el mantenimiento de unas condiciones de navegación y seguridad mínimas tanto para la tripulación como para la carga. Estos servicios vienen recogidos en el Bureau Veritas, Parte C, Vol. 2, Ch. 2, Sec. 1. Serán:

- Compresores de aire.
- Sistemas sprinklers.
- Bombas de lastre.
- Bombas de sentina.
- Bombas de agua de circulación y refrigeración.
- Bombas de circulación de condensado.
- Ventiladores de aire forzado de la caldera.
- Bombas de alimentación de agua.
- Sistemas de detección contraincendios.
- Bombas contraincendios.
- Bombas inyectoras de refrigeración.
- Bombas de lubricación.
- Sistema de iluminación principal.
- Ayudas a la navegación.
- Luces de navegación.
- Bombas de combustible.



- Separadora de sentinas.
- Soplantes.
- Accionamientos del servo.
- Ventiladores de la cámara de máquinas.
- Molinetes.
- Cocina.
- Calefacción.
- Refrigeración doméstica.
- Ventilación mecánica.
- Agua dulce y sanitaria.

c) Servicios de emergencia, son aquellos que deben de funcionar en una situación de emergencia, siendo todos y cada uno de ellos esenciales. Se tendrá:

- Ventilador de la sala de emergencia.
- Bomba de sentinas.
- Bomba de contraincendios de emergencia.
- Extractor de la sala de baterías.
- Extractor de la sala de convertidores.
- Sistema de lanzamiento del Bote de rescate.
- Compresor de aire.
- Ventilador de la cámara de máquinas.
- Tablero de talleres.
- Compresor de aire para bomberos.
- Servomotor.
- Transformadores de emergencia.
- Bomba de alimentación de HFO.
- Booster de HFO.
- Bombas contraincendios.
- Cargador del equipo de baterías de emergencia.
- Bomba de aceite auxiliar.



- Luces de navegación.
- Luces de señalización.
- Ayudas a la navegación.
- Luces de emergencia internas.
- Luces de emergencia de la cámara de máquinas.
- Luces del castillo.
- Equipos de radio
- Panel contraincendios.
- Sistema de refrigeración de carga (FEU's).

Tenemos otra manera de clasificar los consumidores, que es por su potencia. Los principales serán los motores de accionamiento de las bombas (aceite, alimentación, agua salada, agua dulce, etc.), compresores, ventiladores, separadoras centrífugas, hélice de maniobra, servomotor, etc. Los motores de estos de accionamiento de estos equipos serán asíncronos. En otro grupo se encuentran los consumidores de potencias más bajas como son los contenedores refrigerados, equipos de fonda y hotel, elementos de fondeo y amarre, etc.

5 SITUACIONES DE CARGA ELECTRICA

Las situaciones a dimensionar deben ser aquellas que se cumplen entre estos requisitos:

- Ser situaciones de alto consumo eléctrico.
- Ser habituales y constantes en el funcionamiento cotidiano del barco.
- Ser situaciones de emergencia.

De este modo tenemos que las distintas situaciones de carga eléctrica a estudiar son:

- ❖ Navegación, será la condición habitual del barco y debe de dimensionarse el sistema para que suministre la energía necesaria a todos los equipos que se usen durante la travesía.



- ❖ Maniobra, es una condición que requiere gran cantidad de energía eléctrica pues aparecen grandes consumidores en funcionamiento como la hélice de proa, los molinetes de amarre, etc.
- ❖ Puerto, es la situación en la que el buque está en las operaciones de carga y descarga. Funcionarán equipos de cubierta, servicios de habilitación, fonda y hotel, refrigeración de carga, sistema de comunicaciones y algunos de máquinas.
- ❖ Arranque del motor, es la situación en la que empieza el funcionamiento del motor principal junto con los equipos auxiliares suyos aún antes de que se proceda al arranque.
- ❖ Fondeo, esta situación es similar a la de maniobra pues el buque se dispone a fondear y al estar cerca de la costa necesita maniobrar.
- ❖ Emergencia, es la situación en la que el consumo de energía alimenta a los servicios esenciales.

6 BALANCE ELECTRICO

Con este cálculo lo que se pretende es definir de la mejor manera los grupos eléctricos que instalaremos a bordo. Estudiaremos las situaciones de carga anteriormente definidas. De este modo determinaremos los valores de potencia, características y el número de los generadores.

De este modo definiremos una tabla dónde se evalúa el régimen de funcionamiento de cada grupo de consumidores en las distintas situaciones eléctricas con los siguientes coeficientes:



- Coeficiente de simultaneidad (K_n). Refleja el número de equipos iguales de un mismo grupo de consumidores que funcionan simultáneamente.
- Coeficiente de servicio y régimen (K_{sr}). Refleja el porcentaje de tiempo que un equipo está funcionando en las distintas situaciones de carga, los valores que puede tomar son:
 - 1 si se trata de consumidores de uso continuo. Son equipos que funcionan a pleno régimen durante todo el tiempo.
 - 0,5 si se trata de consumidores de uso medio. Son equipos que o bien funcionan a medio régimen durante todo el tiempo o bien funcionan a plena carga durante la mitad del tiempo o bien funcionan a medio-alto régimen durante todo el tiempo.
 - 0,2 si se trata de consumidores de uso esporádico. Son equipos que funcionan eventualmente.
 - 0 si se trata de consumidores sin uso. Son equipos que bajo condiciones normales no funcionan.
- Coeficiente de utilización (K_u). Es el producto de los dos coeficientes anteriores.

Para facilitar el cálculo y análisis del balance eléctrico, dividiremos los grupos de consumidores en:

- Auxiliares del motor principal y motores auxiliares.
- Acondicionamiento y ventilación del buque.
- Gobierno y maniobra.
- Fonda y hotel.
- Fondeo, amarre y remolque.
- Equipos de seguridad y varios.
- Equipos de mantenimiento y elevación.
- Navegación, comunicaciones y alumbrado.



7 GRUPOS GENERADORES

La elección de los grupos se realizará en función de los datos obtenidos en el balance eléctrico, procurando que la potencia entregada sea aproximada a la consumida, consiguiéndose así unos rendimientos elevados.

Se elige un número de grupos tal que sin funcionar uno de ellos se satisfaga el consumo en la situación de máxima carga. Se tendrán en cuenta los siguientes factores:

- Fabricante. Han de ser todos los equipos del mismo fabricante y de igual tipo para poderlos sustituir fácilmente sin incompatibilidades entre ellos, excepto el de emergencia.
- Mantenimiento. Se procurará que sea el menor posible y en parte se consigue teniendo en cuenta la consideración anterior. El coste de mantenimiento es directamente proporcional al número de cilindros y aumenta si hay grupos de distinta potencia o si se trabaja a un régimen bajo. Se considerará un régimen aceptable para los motores su funcionamiento entre el 70% y 95% de su MCR.
- Coste. Se han de instalar el menor número de grupos pero teniendo en cuenta que hay que dejar un margen de potencia para imprevistos.
- Consideramos para calcular la potencia aparente tomamos un valor medio de $\cos \psi = 0,8$.



Las distintas necesidades eléctricas en cada condición vendrán indicadas en la tabla siguiente:

Grupos de Consumidores	Navegación	Maniobra	Puerto	Emergencia
Auxiliares del motor principal y motores auxiliares	239.30	224.71	112.211	66.04
Acondicionamiento y ventilación	142.2	127.95	111.8	49.54
Gobierno y maniobra	40	654	0	40
Fonda y Hotel	64.65	46.45	64.65	0
Fondeo, amarre y remolque	0	42	123	49.2
Equipos de seguridad y varios	37.8	23.34	77.85	99
Equipos de mantenimiento y elevación	18.6	7.44	18.6	0
Navegación, comunicaciones y alumbrado	26.52	26.3	25.86	25.82
TOTAL (KW)	569.08	1152.19	533.97	329.6

Se escogerán tres grupos generadores MAN L16/24 de 7 cilindros, capaces de funcionar con HFO o DO, capaces de generar uno 730 KW. Se tendrá que trabajando dos de ellos generarán 1460 KW. Como la situación de máxima carga será la de maniobra con 1152.19 KW, tendremos que en esa situación los motores trabajarán al 79%.

8 TRANSFORMADORES

Como comentamos anteriormente, en el buque existen consumidores que requieren de tensiones distintas a la principal, para lograrlo se usan transformadores. De este modo tenemos que:

- Desde el cuadro principal de la red de potencia 440 V se conectan como mínimo dos transformadores 440-220 V de tal manera que si falla uno pueda funcionar el segundo. Se encargarían de alimentar entre otros elementos las luces de navegación, cuadros de luces y potencia, luces de señales y otros elementos especiales. Estos transformadores alimentarán algunos de los sistemas de emergencia, por lo que se debe instalar otro grupo de estos transformadores al cuadro de emergencia, pudiendo estar también conectado al principal.



- Desde la red de 220 V alimentaremos a los consumidores de 24 V, por lo que habrá que tener por lo menos un transformador de 24 V. Como algunos de los consumidores de 24 V son del sistema de emergencia habrá que instalar, como en el caso anterior, dos transformador como mínimo en la red de emergencia de 220 V.
- Para la red de corriente continua algunos elementos tendrán convertidores AC/CC y además se alimentarán a través de la red de baterías.

Por lo tanto tendremos instalados:

Cuatro transformadores 440/220 V estando dos de ellos en la red de emergencia.

Tres transformadores 220/24 V estando también uno de ellos en la red de emergencia.

Dos convertidores AC/CC.

La disposición de los transformadores en la red es también importante a la hora de filtrar interferencias y facilitar la compatibilidad electromagnética, pues aíslan bastante bien las señales de baja frecuencia y transmiten las de alta. Si existiesen problemas usaríamos transformadores con más de una pantalla de aislamiento entre los devanados. Realizaremos su dimensionamiento para la situación de carga más desfavorable.

9 CUADROS Y CABLES

9.1 CUADRO PRINCIPAL.

Es aquel que se conecta directamente a los generadores principales y del cual cuelgan todos los consumidores de a bordo. Pueden estar conectados directamente a él o a los diferentes cuadros secundarios. En este cuadro principal se encuentran los interruptores principales de los diferentes grupos, así como sus respectivas luces de estado.



Tiene como funciones la de alojar los elementos de sincronización, incorporar los elementos de distribución de primer nivel a la red, ser el punto de conexión de los generadores a la red e incorporar los convertidores usados en los sistemas de automatización.

Generalmente tendríamos conectados directamente al cuadro principal los siguientes elementos:

- Transformadores de 440/220 V para la red de alumbrado.
- Consumidores de 440 V (hélice de proa, bombas, etc.).
- Interruptores y tableros de potencia.
- Servicios esenciales.
- Conexión con el generador de emergencia para alimentar los sistemas esenciales de emergencia.

El cuadro principal se instalará en la cámara de control, en el interior de la cámara de máquinas. Debe de ser de frente muerto, estar dividido en módulos según los servicios suministrados con indicadores de su estado, tener protecciones para sobrecargas y cortocircuitos, sincronizadores, etc. Además, como se explicó al final del cuaderno 7, nuestro barco es de cámara desatendida por lo que deberá contar con un sistema de control, monitorización y alarma que alerte de cualquier problema del funcionamiento de la planta eléctrica.

9.2 OTROS CUADROS

- Cuadro de emergencia. Es de elevada importancia y debe tener las siguientes conexiones:
 - Al cuadro principal.
 - A servicios de emergencia.
 - A red de alumbrado de emergencia.
 - A transformadores de seguridad.



Este cuadro se usará sólo y exclusivamente para la alimentación de los servicios de emergencia, por lo que no operará en otras situaciones de carga. Debe contar con elementos de arranque tanto automáticos como manuales con un sistema de automatismo que nos proporcione su estado.

Cerca del cuadro principal hay automatismos de control con las siguientes funciones:

- Precalentamiento del grupo de emergencia.
- Supervisión del sistema de arranque y combustible.
- Arranque del grupo ante caída de tensión en el cuadro principal.
- Cierre del interruptor del grupo de emergencia.
- Conexión de los servicios al cuadro de emergencia.

La desconexión del cuadro de emergencia y el apagado del grupo se realizarán normalmente en modo manual.

- Cuadros secundarios. Distribuyen la energía a los elementos directamente conectados a él.
- Cuadro de conexión a puerto. Se usa en caso de conectar a la red eléctrica de puerto si el muelle nos ofrece dicha posibilidad.

Los elementos esenciales para la seguridad en la operación y la integridad del buque tienen alimentación duplicada. Cada consumidor está conectado a un cuadro que cuenta con las protecciones eléctricas apropiadas.



10 SITUACIONES DE EMERGENCIA

Estudiaremos aquí el hipotético caso de un fallo general en los suministradores de energía principal. De este modo dimensionaremos un grupo que suministre energía a los sistemas de emergencia, siendo posible de este modo la llegada a puerto o esperar ayuda en condiciones de supervivencia.

Para su dimensionamiento se considerará que la exigencia del consumidor es máxima siendo los coeficientes de servicio y régimen iguales a 1. Se conectará el generador de emergencia a los servicios a través de las líneas principales o de una propia y tendrá su propio cuadro principal (el cuadro de emergencia). Su arranque ha de ser automático o manual. Se encontrará situado en la cubierta principal a popa de la superestructura, aislándolo de este modo de la cámara de máquinas.

También dijimos anteriormente que existe una fuente de energía eléctrica, que en forma de baterías asegure la continuidad en la alimentación de algunos sistemas, como el alumbrado de emergencia, comunicaciones al exterior, etc.

Con los valores obtenidos anteriormente con las distintas situaciones de carga, escogemos un motor auxiliar Volvo Penta modelo D16 MG/HCM534D a 60 Hz y 1800 r.p.m que tendrá una potencia de 390 KW/488 KVA, capaz de hacer frente a las necesidades requeridas en emergencia, trabajando el generador a un régimen del 84,6%.



11 RESUMEN DE UTILIZACION DE LA PLANTA GENERADORA

En la siguiente tabla se podrá ver el número de generadores y el régimen de funcionamiento en cada situación de consumo eléctrico.

Situación	Potencia (KW)	Potencia Instalada (KW)	Número de Generadores	% Carga
Navegación	569	720	1	79
Maniobra	1152	1460	2	78,9
Puerto	534	720	1	74,2
Emergencia	330	390	1	84,6

Como se observará, el régimen de funcionamiento de los generadores en todas las situaciones de carga está entre el 70 y el 95 % como se comentó con anterioridad. Existirá la posibilidad de conectar el buque a tierra cuando se encuentra en puerto.

12 ANEXOS



ANEXO I

DESGLOSE DEL CONSUMO POR SERVICIOS



ANEXO II

ESQUEMA UNIFILAR



ANEXO III

GENERADOR DE EMERGENCIA

Consumidores del Servicio de Combustible	Pot. Unitaria (KW)	Unidades	Pot. Total (KW)	Kn	Navegación		Maniobra		Puerto		Emergencia	
					Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)
Bomba de trasiego HFO	13.25	2	26.5	0.5	0.5	6.625	0	0	0.5	6.625	0.2	2.65
Bomba automática de trasiego HFO	0.86	2	1.72	0.5	1	0.86	1	0.86	0	0	0.2	0.172
Bomba automática de trasiego DO	0.86	1	0.86	1	0.2	0.172	0.2	0.172	0.2	0.172	0	0
Bomba de alimentación purificadoras HFO	1.65	2	3.3	0.5	1	1.65	1	1.65	0.5	0.825	0.2	0.33
Bomba de alimentación purificadoras DO	1.65	1	1.65	1	0	0	0.2	0.33	0	0	0	0
Separadora centrífuga HFO	11	2	22	1	1	22	1	22	0.5	11	0.2	4.4
Separadora centrífuga DO	11	1	11	1	0.2	2.2	0.2	2.2	0.2	2.2	0	0
Bomba de suministro HFO	1.1	2	2.2	0.5	1	1.1	1	1.1	0.5	0.55	0.2	0.22
Bomba de circulación HFO Motor Principal	2.8	2	5.6	0.5	1	2.8	1	2.8	0	0	0.2	0.56
Bomba de circulación HFO Motores Auxiliares	2.8	2	5.6	0.5	1	2.8	1	2.8	1	2.8	0.2	0.56
Bomba de lodos	1.15	1	1.15	1	0.2	0.23	0.2	0.23	0.5	0.575	0	0
POTENCIA PARCIAL CONSUMIDA (KW)						40.437		34.142		24.747		8.892

Consumidores del Servicio de Lubricación	Pot. Unitaria (KW)	Unidades	Pot. Total (KW)	Kn	Navegación		Maniobra		Puerto		Emergencia	
					Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)
Purificadora centrífuga de aceite del motor principal	10	2	20	0.5	1	10	1	10	0.5	5	0.2	2
Bomba de circulación de aceite	57	2	114	0.5	1	57	1	57	0	0	0.2	11.4
Bomba de trasiego de aceite	2	2	4	0.5	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.2	0.4
Bomba de alimentación de purificadora	0.5	2	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0.5	0.25	0.2	0.1
Bomba de trasiego de aceite de las camisas	0.12	2	0.24	0.5	1	0.12	1	0.12	0.2	0.024	0.2	0.024
Bomba de alimentación de la purificadora de los motores auxiliares	0.3	2	0.6	0.5	1	0.3	1	0.3	1	0.3	0.2	0.06
Bomba de aceite para eje de levas y válvulas	8.2	2	16.4	0.5	1	8.2	1	8.2	0	0	0.2	1.64
Purificadora centrífuga de aceite de los motores auxiliares	3	1	3	0.67	1	2	1	2	1	2	0.2	0.4
Bomba del tanque de aguas acitosas	1	2	2	0.5	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
POTENCIA PARCIAL CONSUMIDA (KW)						79.32		79.32		8.774		16.224

Consumidores del Servicio de Refrigeración de Agua	Pot. Unitaria (KW)	Unidades	Pot. Total (KW)	Kn	Navegación		Maniobra		Puerto		Emergencia	
					Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)
Bomba de agua dulce de baja tempratura	45	2	90	0.5	1	45	0.5	22.5	0	0	0.2	9
Bomba de agua dulce de baja tempratura (Puerto)	20	1	20	1	0	0	0	0	1	20	0	0
Bomba de agua dulce de refrigeración camisas	18	2	36	0.5	1	18	1	18	0	0	0.2	3.6
Bomba de precalentamiento de agua de camisas	0.7	1	0.7	1	0	0	0	0	0.2	0.14	0	0
Bomba de agua salada	45	3	135	0.66	0.5	44.55	0.5	44.55	0.5	44.55	0.2	17.82
POTENCIA PARCIAL CONSUMIDA (KW)						107.55		85.05		64.69		30.42

Consumidores del Servicio de Aire Comprimido	Pot. Unitaria (KW)	Unidades	Pot. Total (KW)	Kn	Navegación		Maniobra		Puerto		Emergencia	
					Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)
Compresor principal	40	2	80	0.5	0.2	8	0.5	20	0.2	8	0	0
Compresor de aire de servicio	10	1	10	1	0.2	2	0.5	5	0.5	5	0	0
Compresor de aire de emergencia	10	1	10	1	0	0	0	0	0	0	1	10
POTENCIA PARCIAL CONSUMIDA (KW)					10		25		13		10	

Consumidores del Servicio de Vapor	Pot. Unitaria (KW)	Unidades	Pot. Total (KW)	Kn	Navegación		Maniobra		Puerto		Emergencia	
					Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)
Bomba de agua dulce de alimentación caldera de mecheros	0.5	2	1	0.5	1	0.5	0	0	1	0.5	0.2	0.1
Bomba de agua dulce de alimentación caldera de gases	1	2	2	0.5	1	1	1	1	0	0	0.2	0.2
Bomba de extracción de condensado	1	2	2	0.5	0.5	0.5	0.2	0.2	0.5	0.5	0.2	0.2
POTENCIA PARCIAL CONSUMIDA (KW)					2		1.2		1		0.5	

Consumidores del Servicio de Ventilación y Extracción	Pot. Unitaria (KW)	Unidades	Pot. Total (KW)	Kn	Navegación		Maniobra		Puerto		Emergencia	
					Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)
Ventilador cámara de máquinas	10.7	5	53.5	0.8	1	42.8	1	42.8	0.5	21.4	0.2	8.56
Extractores	8.7	3	26.1	0.67	1	17.4	1	17.4	1	17.4	0.2	3.48
POTENCIA PARCIAL CONSUMIDA (KW)					60.2		60.2		38.8		12.04	

Consumidores del Servicio de Ventilación, Extracción y Acondicionamiento de Carga.	Pot. Unitaria (KW)	Unidades	Pot. Total (KW)	Kn	Navegación		Maniobra		Puerto		Emergencia	
					Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)
Compresor de aire acondicionado	28.5	1	28.5	1	1	28.5	0.5	14.25	1	28.5	0	0
Bombas circulación agua aire acondicionado	9	2	18	0.5	1	9	1	9	0	0	0	0
Contenedores Refrigerados	0.75	50	37.5	1	1	37.5	1	37.5	1	37.5	1	37.5
Unidad de aire acondicionado	7	2	14	1	0.5	7	0.5	7	0.5	7	0	0
POTENCIA PARCIAL CONSUMIDA (KW)					82		67.75		73		37.5	

Consumidores del Servicio de Gobierno y Maniobra	Pot. Unitaria (KW)	Unidades	Pot. Total (KW)	Kn	Navegación		Maniobra		Puerto		Emergencia	
					Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)
Servomotor	20	2	40	1	1	40	1	40	0	0	1	40
Hélice de maniobra	614	1	614	1	0	0	1	614	0	0	0	0
POTENCIA PARCIAL CONSUMIDA (KW)					40		654		0		40	

Consumidores del Servicio de Fonda y Hotel	Pot. Unitaria (KW)	Unidades	Pot. Total (KW)	Kn	Navegación		Maniobra		Puerto		Emergencia	
					Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)
Frigorífico de la gambuza	15	1	15	0.5	0.5	3.75	0.5	3.75	0.5	3.75	0	0
Horno de pan	10	1	10	1	0.5	5	0.2	2	0.5	5	0	0
Cocina	20	1	20	1	0.5	10	0	0	0.5	10	0	0
Frigorífico de habitación	1.5	2	3	1	0.5	1.5	0.5	1.5	0.5	1.5	0	0
Equipo de lavandería	20	1	20	1	0.5	10	0.5	10	0.5	10	0	0
Varios	10	1	10	1	0.5	5	0.2	2	0.5	5	0	0
POTENCIA PARCIAL CONSUMIDA (KW)					35.25		19.25		35.25		0	

Consumidores del Servicio de Fonda y Hotel	Pot. Unitaria (KW)	Unidades	Pot. Total (KW)	Kn	Navegación		Maniobra		Puerto		Emergencia	
					Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)
Bomba de servicio de agua dulce sanitaria	4	2	8	0.5	1	4	0.5	2	1	4	0	0
Bomba de servicio de agua dulce sanitaria	0.4	2	0.8	0.5	1	0.4	0.5	0.2	1	0.4	0	0
Calentador agua dulce sanitaria	25	1	25	1	1	25	1	25	1	25	0	0
POTENCIA PARCIAL CONSUMIDA (KW)					29.4		27.2		29.4		0	

Consumidores del Servicio de Fondeo, Amarre y Remolque	Pot. Unitaria (KW)	Unidades	Pot. Total (KW)	Kn	Navegación		Maniobra		Puerto		Emergencia	
					Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)
Molinetes, anclas y chigres amarre de proa	81	2	162	1	0	0	0	0	0.5	81	0.2	32.4
Chigres de amarre	21	4	84	1	0	0	0.5	42	0.5	42	0.2	16.8
POTENCIA PARCIAL CONSUMIDA (KW)					0		42		123		49.2	

Consumidores del Servicio de Achique, Lastre y Sentinas	Pot. Unitaria (KW)	Unidades	Pot. Total (KW)	Kn	Navegación		Maniobra		Puerto		Emergencia	
					Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)
Bombas de lastre y sentinas	18	3	54	0.67	0.2	7.2	0	0	1	36	1	36
Bombas de sentina de bodegas	19	3	57	0.33	0.5	9.5	0.2	3.8	0.2	3.8	1	19
Bomba de agotamiento	2.2	1	2.2	1	0.5	1.1	0.2	0.44	0.5	1.1	0	0
POTENCIA PARCIAL CONSUMIDA (KW)					17.8		4.24		40.9		55	

Consumidores del Servicio Contraincendios y Baldeo	Pot. Unitaria (KW)	Unidades	Pot. Total (KW)	Kn	Navegación		Maniobra		Puerto		Emergencia	
					Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)
Bombas contraincendios y baldeo	28	2	56	1	0.2	11.2	0.2	11.2	0.5	28	0	0
Bomba contra incendio de emergencia	28	1	28	1	0.2	5.6	0.2	5.6	0.2	5.6	1	28
POTENCIA PARCIAL CONSUMIDA (KW)					16.8		16.8		33.6		28	

Consumidores del Servicio de Tratamiento aguas residuales y basuras	Pot. Unitaria (KW)	Unidades	Pot. Total (KW)	Kn	Navegación		Maniobra		Puerto		Emergencia	
					Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)
Bomba alimentación separador de sentinas	0.5	1	0.5	1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.5	0.25	0	0
Separador de sentinas	8	1	8	1	0.2	1.6	0.2	1.6	0.2	1.6	0	0
Planta de tratamiento de aguas residuales	3		0	1	0.5	0	0.5	0	0.5	0	0	0
POTENCIA PARCIAL CONSUMIDA (KW)					1.7		1.7		1.85		0	

Consumidores del Servicio de elevación botes salvavidas	Pot. Unitaria (KW)	Unidades	Pot. Total (KW)	Kn	Navegación		Maniobra		Puerto		Emergencia	
					Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)
Grúas botes de rescate y salvamento proa	8	2	16	1	0	0	0	0	0	0	1	16
POTENCIA PARCIAL CONSUMIDA (KW)					0		0		0		16	

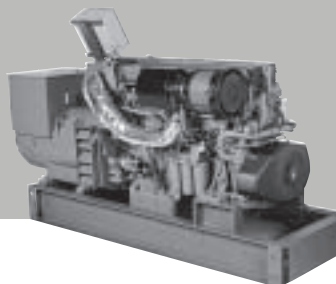
Consumidores del Servicio de agua dulce	Pot. Unitaria (KW)	Unidades	Pot. Total (KW)	Kn	Navegación		Maniobra		Puerto		Emergencia	
					Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)
Bomba de agua dulce industrial	3	2	6	0.5	0.5	1.5	0.2	0.6	0.5	1.5	0	0
POTENCIA PARCIAL CONSUMIDA (KW)					1.5		0.6		1.5		0	

Consumidores del Servicio de Mantenimiento de Equipos	Pot. Unitaria (KW)	Unidades	Pot. Total (KW)	Kn	Navegación		Maniobra		Puerto		Emergencia	
					Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)
Torno	3	1	3	1	0.5	1.5	0.2	0.6	0.5	1.5	0	0
Taladro	1.5	1	1.5	1	0.5	0.75	0.2	0.3	0.5	0.75	0	0
Esmeriladora	1.5	1	1.5	1	0.5	0.75	0.2	0.3	0.5	0.75	0	0
Equipo de soldadura	4	1	4	1	0.5	2	0.2	0.8	0.5	2	0	0
Cuadro de pruebas eléctrico	2.2	1	2.2	1	0.5	1.1	0.2	0.44	0.5	1.1	0	0
POTENCIA PARCIAL CONSUMIDA (KW)					6.1		2.44		6.1		0	

Consumidores del Servicio de elevación	Pot. Unitaria (KW)	Unidades	Pot. Total (KW)	Kn	Navegación		Maniobra		Puerto		Emergencia	
					Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)
Montacargas	2	2	4	2	0.5	4	0.2	1.6	0.5	4	0	0
Grúa de provisiones	10	1	10	1	0.5	5	0.2	2	0.5	5	0	0
Grúa cámara de máquinas	3.5	2	7	1	0.5	3.5	0.2	1.4	0.5	3.5	0	0
POTENCIA PARCIAL CONSUMIDA (KW)					12.5		5		12.5		0	

Consumidores del Servicio de iluminación y navegación	Pot. Unitaria (KW)	Unidades	Pot. Total (KW)	Kn	Navegación		Maniobra		Puerto		Emergencia	
					Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)	Ksr	Pot. Consumida (KW)
Equipo de navegación y comunicaciones	6	1	6	1	1	6	1	6	1	6	1	6
Alumbrado de espacios interiores y exteriores	17.2	1	17.2	1	1	17.2	1	17.2	1	17.2	1	17.2
Luces de navegación	0.8	1	0.8	1	0.5	0.4	0.5	0.4	0.2	0.16	0.5	0.4
Luces especiales y señales	1.1	1	1.1	1	0.2	0.22	0	0	0	0	0.2	0.22
Tifón	5	1	5	1	0.5	2.5	0.5	2.5	0.5	2.5	0.2	1
Cuadro de alimentación baterías (bajo voltaje)	1	1	1	1	0.2	0.2	0.2	0.2	0	0	1	1
POTENCIA PARCIAL CONSUMIDA (KW)					26.52		26.3		25.86		25.82	

D16 MARINE GENSET



6-cylinder, 4-stroke, direct-injected, turbocharged aftercooled marine diesel engine.

Bore x Stroke (mm): 144 x 165
Displacement (l): 16.1

HEAT EXCHANGER COOLED GENSETS

ENGINE	50 Hz 1500 rpm		60 Hz 1800 rpm	
	kVA*	kWe*	kVA*	kWe*
D16 MG/HCM534D	415	332	488	390
D16 MG/HCM534E	490	392	588	470
D16 MG/HCM534F	525	420	596	477

RADIATOR COOLED GENSETS

ENGINE	50 Hz 1500 rpm		60 Hz 1800 rpm	
	kVA*	kWe*	kVA*	kWe*
D16 MG/HCM534D	415	332	488	390
D16 MG/HCM534E	490	392	560	448
D16 MG/HCM534F	518	414	-	-

KEEL COOLED GENSETS

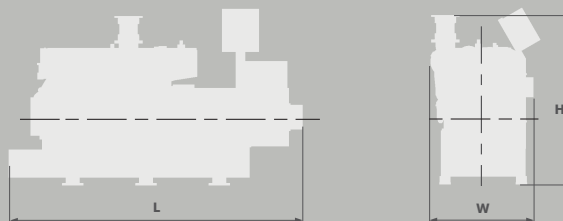
ENGINE	50 Hz 1500 rpm		60 Hz 1800 rpm	
	kVA*	kWe*	kVA*	kWe*
D16 MG/HCM534D	415	332	488	390
D16 MG/HCM534E	490	392	588	470
D16 MG/HCM534F	525	420	596	477

DIMENSIONS AND WEIGHTS**

ENGINE	L (mm)	W (mm)	H (mm)	kg	lb
D16 MG/HCM534D	3131	1192	1842	3626	7994
D16 MG/HCM534E	3131	1192	1842	3776	8325
D16 MG/HCM534F	3131	1192	1842	4034	8633

* Power output based on temperature rise class F, 400V for 50Hz and 440V for 60 Hz series star connection.
** Dimensions and weights based on heat exchanger cooled single bearing Gensets.

45



Not for installation.

**INDICE:**

1	INTRODUCCIÓN.....	4
2	GRUPO 1. CASCO.....	6
2.1	ACERO LAMINADO	6
2.2	RESTO DE MATERIALES DEL CASCO	6
2.3	TIMÓN Y ACCESORIOS	6
2.4	MATERIALES AUXILIARES	7
2.5	PREPARACIÓN DE SUPERFICIES.....	7
2.6	PINTURA Y CONTROL DE CORROSIÓN.....	7
2.7	TOTAL GRUPO 1 MÁS MANO DE OBRA	7
3	GRUPO 2. EQUIPO, ARMAMENTO E INSTALACIONES.....	8
3.1	EQUIPOS DE FONDEO Y AMARRE.....	8
3.2	MEDIOS DE SALVAMENTO	8
3.3	HABILITACIÓN Y ALOJAMIENTOS	9
3.4	EQUIPO DE FONDA Y HOTEL	10
3.5	EQUIPO DE ACONDICIONAMIENTO DE ALOJAMIENTOS	10
3.6	EQUIPOS DE NAVEGACIÓN Y COMUNICACIONES.....	11
3.7	EQUIPOS CONTRA INCENDIOS	11
3.8	EQUIPO DE SERVICIO DE CARGA	11
3.9	INSTALACIÓN ELÉCTRICA PRINCIPAL	12
3.10	TUBERÍAS, CONDUCTOS Y TANQUES NO ESTRUCTURALES.....	12
3.11	ACCESORIOS DE EQUIPOS, ARMAMENTO E INSTALACIONES.....	13
3.12	TOTAL GRUPO 2 MÁS MANO DE OBRA	13
4	GRUPO 3. MAQUINARIA AUXILIAR DE CUBIERTA	14
4.1	EQUIPO DE GOBIERNO	14
4.2	EQUIPO DE FONDEO, AMARRE Y MANIOBRA	14
4.3	TOTAL GRUPO 3 MÁS MANO DE OBRA	14
5	GRUPO 4. INSTALACION PROPULSORA	15
5.1	MAQUINARIA PROPULSORA.....	15
5.2	LÍNEA DE EJES	15
5.3	HÉLICE.....	16
5.4	TOTAL GRUPO 4 MÁS MANO DE OBRA	16
6	GRUPO 5. MAQUINARIA AUXILIAR DE PROPULSION	16
6.1	GRUPOS ELECTRÓGENOS	16



6.2	EQUIPOS DE CIRCULACIÓN, REFRIGERACIÓN Y LUBRICACIÓN	17
6.3	EQUIPOS GENERADORES DE VAPOR.....	17
6.4	EQUIPO DE ARRANQUE DE MOTORES	17
6.5	EQUIPO DE MANEJO DE COMBUSTIBLE.....	18
6.6	EQUIPOS DE PURIFICACIÓN.....	18
6.7	EQUIPOS AUXILIARES DE CASCO	18
6.8	EQUIPO SANITARIOS.....	19
6.9	ELEMENTOS VARIOS	19
6.10	TOTAL GRUPO 5 MÁS MANO DE OBRA	19
7	GRUPO 6. CARGOS, PRETRECHOS Y RESPETOS	20
7.1	CARGOS Y RESPETOS REGLAMENTARIOS	20
7.2	CARGOS Y RESPETOS NO REGLAMENTARIOS.....	20
7.3	TOTAL GRUPO 6 MÁS MANO DE OBRA	21
8	GRUPO 7. INSTALACIONES ESPECIALES.....	21
8.1	INSTALACIONES Y EQUIPOS DE AUTOMATIZACIÓN, TELECONTROL Y ALARMA	21
8.2	EQUIPOS ESPECIALES DE ESTIBA DE LA CARGA	22
8.3	SISTEMAS DE ESTABILIZACIÓN Y AUXILIARES DE MANIOBRAS.....	22
8.4	INSTALACIONES Y EQUIPOS ESPECIALES CONTRA INCENDIO.....	22
8.5	TOTAL GRUPO 7 MÁS MANO DE OBRA	23
9	GRUPO 0. GASTOS VARIOS.....	23
9.1	PROYECTO.....	23
9.2	CONSTRUCCIÓN Y ENTREGA	24
9.3	CERTIFICADOS Y SEGUROS	24
9.4	TOTAL GRUPO 0	24
10	RESUMEN DE COSTES DE CONSTRUCCION Y MANO DE OBRA.....	25
10.1	MATERIALES.....	25
10.2	MANO DE OBRA	25
11	ANÁLISIS DE LA INVERSIÓN	26
11.1	BENEFICIO INDUSTRIAL DEL ASTILLERO	26
11.2	VALOR DEL CONTRATO.....	27
11.3	ESQUEMA LEGAL VIGENTE EN ESPAÑA PARA LA FINANCIACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN NAVAL PARA ARMADORES NACIONALES.....	27
11.4	CAPITAL PROPIO	28
11.5	GASTOS DEL ARMADOR	28





1 INTRODUCCIÓN.

Para realizar el presupuesto del buque se han consultado bases de datos de oficinas técnicas y astilleros junto a la petición de información directa a algún suministrador de equipos.

Para el coste hora, hemos tomado una media un tanto estimada de los distintos astilleros consultados que son muy dispares, según sean públicos o privados. Este coste es de 45 €/h, el cual es más próximo al coste de un astillero privado que al de uno público.

El presupuesto lo podemos dividir en dos partidas principales; por un lado tenemos la elaboración en si misma del buque, la cual valoramos según las horas que hemos estimado en la construcción del mismo; si multiplicamos esas horas por el coste medio calculado antes tendremos el coste de la mano de obra del buque.

Por otro lado tenemos el coste de los equipos, algunos de ellos con instalación llave en mano de los que tenemos, en algunos casos, presupuestos reales directos de los proveedores.

Para la parte de casco y estructura, hemos supuesto los precios del acero a fecha de hoy, ya que, aunque el precio es cambiante, creemos que es una referencia lo suficientemente realista para poder usarla; el peso del acero que hemos calculado es el de la estructura de acero menos un 15%. Este 15% se debe a los perfiles los cuales tienen otro precio que también indicaremos. Ahora bien, estos perfiles se verán incrementados en un 20% debido a los recortes que realizan durante la elaboración de los perfiles y que acaban siendo desechos.

Los elementos que forman cada partida y que vienen recogidos en las referencias usadas son:



- Casco: costes de construcción de la estructura de acero del buque; costes de soldadura; costes de preparación de superficies y costes de pintura.
- Equipo, armamento e instalaciones: se considerarán los costes de armamento; equipo de fondeo, amarre y remolque; costes de equipos de salvamento, habilitación, equipos de fonda y hotel; gastos de acondicionamiento; gastos de equipos de navegación y comunicación; medios contraincendios convencionales; así como los gastos relativos a la instalación eléctrica, conductos y tuberías y accesorios varios.
- Maquinaria auxiliar de cubierta: costes de equipo de gobierno y maquinaria hidráulica de cubierta.
- Instalación propulsora: costes de la máquina propulsora y costes de instalación de la misma; se incluirán aquí también los gastos relativos a la disposición de la línea de ejes y a la hélice propulsora.
- Maquinaria auxiliar de propulsión: en esta partida se contabilizarán los gastos relativos a la planta de generación eléctrica y costes de equipos de circulación, refrigeración y lubricación de la planta propulsora auxiliar; se incluyen también los costes de equipos de generación de vapor, arranque de motores, manejo de combustible y purificación; costes en equipos auxiliares de casco, equipos sanitarios y varios.
- Cargos, pertrechos y respetos: se incluirán los costes de la disposición de las cargas, pertrechos y respetos reglamentarios, no reglamentarios y especiales.
- Instalaciones especiales: costes de las instalaciones y equipos especiales de servicios contraincendios y de seguridad. Así como los gastos relativos a los equipos para el manejo de las cargas líquidas, las instalaciones y equipos de automatización, telecontrol y alarma.
- Costes varios de astillero: formada por los costes originados en la etapa de proyecto; los costes debidos a la clasificación del buque en el Bureau Veritas; costes necesarios para la operatividad del buque y gastos de pruebas y garantías.

Los resultados que se presentan a continuación son el resultado de la aplicación de las fórmulas dadas en los Apuntes de Proyectos de Torroja; sin embargo, en algunos casos



se han actualizado estos resultados a los precios reales dados por algunos distribuidores y obtenidos de acuerdos marcos de astilleros.

2 GRUPO 1. CASCO

2.1 ACERO LAMINADO

Para el cálculo de las chapas y los perfiles, se ha supuesto un precio medio por tonelada de **550 €/t**, de modo que conocido esto y el peso neto del acero que se va a emplear en la construcción del buque, podemos conocer el coste total del acero. También se ha considerado un factor incremental de un 20% sobre el peso del buque ya que durante el proceso de construcción del buque se producen pérdidas tanto en el proceso de anidado como en la existencia de recortes y sobrantes.

$$C_{casco} = 1.20 \cdot PESO \cdot \text{€/TON} = 1825514\text{€}$$

2.2 RESTO DE MATERIALES DEL CASCO

En este apartado se considera el coste de los modelos de fundición así como a la propia fundición de las piezas. Supondremos que esta cantidad supone un 2% del coste total del acero.

$$C_{fundicion} = 36510\text{€}$$

2.3 TIMÓN Y ACCESORIOS

$$C_{timon} = 12000\text{€}$$



2.4 MATERIALES AUXILIARES

$$C_{materiales} = 65000\text{€}$$

2.5 PREPARACIÓN DE SUPERFICIES

$$C_{superficies} = 45000\text{€}$$

2.6 PINTURA Y CONTROL DE CORROSIÓN

El presupuesto de esta partida se establece considerando las siguientes zonas y de acuerdo con el esquema que a continuación se detalla:

• Pintura exterior del casco (obra viva)	75000€
• Pintura exterior del casco (obra muerta)	37500€
• Pintura interior del casco	157500€
• Pintura de tuberías	7500€
• Galvanizado y cementado	7500€
• Protección catódica	5500€

Por lo que:

$$C_{pintura} = 290500\text{€}$$

2.7 TOTAL GRUPO 1 MÁS MANO DE OBRA

Si sumamos las diferentes partidas correspondientes al casco nos da un coste total del grupo de:

$$C_{GRUPO1} = 2.273.524\text{€}$$



Para este tipo de buque se necesitan del orden de 70 horas por cada tonelada de acero; con este dato y sumando a las horas para el resto partidas del grupo, tenemos que las horas estimadas serán de 150000, y considerando el precio hora de 45 € tendremos que el coste de la mano de obra para el grupo 1 será:

$$H_{\text{grupo1}} = 150000$$

$$CMH_{\text{GRUPO1}} = 6.750.000\text{€}$$

3 GRUPO 2. EQUIPO, ARMAMENTO E INSTALACIONES

3.1 EQUIPOS DE FONDEO Y AMARRE

El coste aproximado para las anclas es de 1200 €/t mientras que para las cadenas será de 0.92 €/t. con lo que tendremos que el coste total será de:

- | | |
|------------------------------|---------|
| • Anclas | 36.000€ |
| • Cadenas, cables y estachas | 56.000€ |

$$C_{\text{fondeo}} = 91000\text{€}$$

3.2 MEDIOS DE SALVAMENTO

Los medios de salvamento se pueden dividir en:

- | | |
|---|---------|
| • Bote salvavidas de caída libre. | 75.000€ |
| • Bote de rescate. | 12.000€ |
| • Balsas salvavidas. | 15.000€ |
| • Dispositivos de estiba y lanzamiento. | 45.000€ |



- Aros, chalecos y resto del equipamiento. 14.000€

$$C_{\text{salvamento}} = 161000\text{€}$$

3.3 HABILITACIÓN Y ALOJAMIENTOS

Para esta partida decidimos una calidad estándar de alojamientos. Consideramos el precio de esta partida función de la superficie total de alojamientos así como de su calidad. En el precio se incluyen:

- Aislamientos de habitación.
- Mamparos, techos, pavimentos y revestimientos.
- Portillos, ventanas, puertas metálicas y de madera.
- Escalas y barandillado interior.
- Muebles, estanterías, aparatos sanitarios, cajas estructurales y otros elementos de habitación.

Además tendremos en cuenta los siguientes espacios de la superficie:

- Camarotes.
- Espacios públicos.
- Pasillos.
- Aseos.
- Cocina, oficios y lavanderías.
- Gambuza seca y paños.

Los mamparos que se instalan en camarotes serán del tipo aglomerado incombustibles de 22 mm. de espesor.

Para el cálculo del coste usaremos la fórmula:



$$C_{habilitacion} = K_h \times S_h = 233941\text{€}$$

Donde:

- $K_h = 432$, coeficiente que depende del nivel de calidad que queramos instalar.
- $S_h = 541.53$, área de la habitación.

3.4 EQUIPO DE FONDA Y HOTEL

En esta partida se consideran los equipos de la cocina y oficios como pueden ser los frigoríficos, hornos, etc, el aislamiento de gambuza frigorífica, la planta frigorífica para gambuza y los equipos de lavandería. Tenemos:

- | | |
|-----------------------------------|--------|
| • Cocina y oficios. | 25000€ |
| • Gambuzas frigoríficas. | 34000€ |
| • Equipos de lavandería y varios. | 4500€ |

$$C_{fonda} = 63500\text{€}$$

3.5 EQUIPO DE ACONDICIONAMIENTO DE ALOJAMIENTOS

Se puede dividir en:

- | | |
|-------------------------------------|--------|
| • Calefacción y aire acondicionado. | 45000€ |
| • Ventilación mecánica. | 10000€ |

$$C_{acondicionamiento} = 55000\text{€}$$



3.6 EQUIPOS DE NAVEGACIÓN Y COMUNICACIONES

La composición de esta partida se haya descrita a continuación:

- Equipos de navegación. 105000€
- Equipos auxiliares de navegación. 15000€
- Comunicaciones. 120000€

$$C_{navegacion} = 240000€$$

3.7 EQUIPOS CONTRA INCENDIOS

Consta de:

- Instalaciones fijas en cámara de máquinas. 80000€
- Otros equipos (mangueras, extintores, detección de incendios en bodegas, rociadores, etc.). 55000€

$$C_{contraincendios} = 135000€$$

3.8 EQUIPO DE SERVICIO DE CARGA

Lo podemos dividir en:

- Ventilación de bodegas. 12000€
- Guías. 8000€
- Acondicionamiento y control de válvulas. 300000€
- Indicación de niveles, trimados y calados. 7000€



$$C_{carga} = 328000\text{€}$$

3.9 INSTALACIÓN ELÉCTRICA PRINCIPAL

En esta partida incluiremos el precio de los cuadros de distribución, incluidos los principales y de emergencia, las baterías y transformadores, el cableado eléctrico, los aparatos de alumbrado y señalización y otros accesorios eléctricos:

- | | |
|---|---------|
| • Cuadro principal, de emergencia y otros varios. | 120000€ |
| • Transformadores. | 5000€ |
| • Cables. | 140000€ |
| • Canalizaciones. | 60000€ |
| • Generadores. | 180000€ |
| • Conmutadores, botoneras, etc. | 5000€ |

$$C_{electrica} = 510000\text{€}$$

3.10 TUBERÍAS, CONDUCTOS Y TANQUES NO ESTRUCTURALES

Se incluyen en esta partida los precios para las tuberías, conexiones y accesorios de los distintos servicios, el aislamiento de las tuberías necesario, los conductos de aireación (ventilación y aire acondicionado), los tanques no estructurales situados en cámara de máquinas y otros elementos varios como pueden ser tapones de tanques del doble fondo y materiales de almacén. La suma de todo esto nos da:

- | | |
|---|---------|
| • Tuberías, conductos y tanques no estructurales. | 280000€ |
|---|---------|

$$C_{tuberias} = 280000\text{€}$$



3.11 ACCESORIOS DE EQUIPOS, ARMAMENTO E INSTALACIONES

Se divide en:

- Puertas metálicas, ventanas y portillos. 28000€
- Escaleras, pasamanos y candeleros. 28000€
- Escotillas de acceso, lumbreras y registros. 18000€
- Accesorios de fondeo y amarre. 8500€
- Planchas de desembarco, escalas reales y de práctico. 8500€

$$C_{equipos} = 91000€$$

3.12 TOTAL GRUPO 2 MÁS MANO DE OBRA

Si sumamos las diferentes partidas correspondientes al grupo de equipo, armamento e instalaciones, nos da un coste total del grupo de:

$$C_{GRUPO2} = 2188441€$$

Las horas estimadas para este grupo serán de 120000, y considerando el precio hora de 45 € tendremos que el coste de la mano de obra para el grupo 4 será:

$$H_{grupo2} = 120000$$

$$CMH_{GRUPO2} = 5.400.000€$$



4 GRUPO 3. MAQUINARIA AUXILIAR DE CUBIERTA

4.1 EQUIPO DE GOBIERNO

En esta partida se consideran los equipos que afectan al gobierno del buque como son servomotor, indicador de ángulo, tacómetro, etc. Su coste total será:

- Servomotor, indicador de ángulo, tacómetro, etc. 30000€

$$C_{servomotor} = 280000€$$

4.2 EQUIPO DE FONDEO, AMARRE Y MANIOBRA

Esta partida consta de:

- Molinetes. 72000€
- Otros elementos de cubierta (chigres). 55000€

$$C_{fondeo} = 127000€$$

4.3 TOTAL GRUPO 3 MÁS MANO DE OBRA

La suma de las diferentes partidas anteriormente expuestas da un coste total para el grupo de maquinaria auxiliar de cubierta de:

$$C_{GRUPO3} = 157.000€$$



Las horas estimadas para este grupo serán de 1200, y considerando el precio hora de 45 € tendremos que el coste de la mano de obra para el grupo 3 será:

$$H_{\text{grupo3}} = 1200$$

$$CMH_{\text{GRUPO3}} = 54.000\text{€}$$

5 GRUPO 4. INSTALACION PROPULSORA

5.1 MAQUINARIA PROPULSORA

Según datos del fabricante el coste del motor, incluidos el transporte, desmontaje y embalaje, es de:

- | | |
|--------------------------------------|----------|
| • Motor propulsor. | 2100000€ |
| • Transporte, desmontaje y embalaje. | 80000€ |

$$C_{\text{motor}} = 2180000\text{€}$$

5.2 LÍNEA DE EJES

Se incluirá en esta partida el coste de:

- | | |
|-----------------------|---------|
| • Acoplamientos. | 100000€ |
| • Ejes y chumaceras. | 50000€ |
| • Bocina y su cierre. | 24000€ |
| • Torsiómetro. | 12000€ |

$$C_{\text{linea}} = 186000\text{€}$$



5.3 HÉLICE

El coste de la hélice será de:

- Hélice. 180000€

$$C_{helice} = 180000\text{€}$$

5.4 TOTAL GRUPO 4 MÁS MANO DE OBRA

La suma de las diferentes partidas anteriormente expuestas da un coste total para el grupo de instalación propulsora de:

$$C_{GRUPO4} = 2.546.000\text{€}$$

Las horas estimadas para este grupo serán de 12000, y considerando el precio hora de 45 € tendremos que el coste de la mano de obra para el grupo 4 será:

$$H_{grupo4} = 12000$$

$$CMH_{GRUPO4} = 540.000\text{€}$$

6 GRUPO 5. MAQUINARIA AUXILIAR DE PROPULSION

6.1 GRUPOS ELECTRÓGENOS

El coste de esta partida incluirá los tres grupos Diesel-generadores formados por sus correspondientes motores (incorporando sus enfriadores, bombas, filtros, y demás elementos), sus alternadores y el grupo de emergencia. El coste total será:



- Generadores accionados por motor diesel. 300000€

$$C_{electrogeno} = 300000€$$

6.2 EQUIPOS DE CIRCULACIÓN, REFRIGERACIÓN Y LUBRICACIÓN

En esta partida se incluirán los equipos de bombas los cuales están divididos en circulación de combustible, alimentación de combustible, alimentación purificadora de aceite, lubricación principal y lubricación del árbol de levas. En total el coste será de:

- Equipo de circulación, refrigeración y lubricación. 90000€

$$C_{circulacion} = 90000€$$

6.3 EQUIPOS GENERADORES DE VAPOR

Esta partida incluirá la caldera de gases de escape y la caldera de mecheros. En total el coste será de:

- Caldera de gases de escape y caldera de mecheros. 95000€

$$C_{vapor} = 95000€$$

6.4 EQUIPO DE ARRANQUE DE MOTORES

En esta partida se incluirán los compresores de aire de arranque, los compresores de aire de emergencia y las botellas de aire de arranque del motor principal. En total el coste será de:



- Equipos de arranque de motores. 30000€

$$C_{\text{arranque}} = 30000\text{€}$$

6.5 EQUIPO DE MANEJO DE COMBUSTIBLE

En esta partida se incluirán las bombas de trasiego de combustible (F.O), viscosímetro, filtro de combustible del motor principal y equipo neumático para el cierre rápido de las válvulas de fuel. En total el coste será de:

- Equipo de manejo de combustible. 50000€

$$C_{\text{manejo}} = 50000\text{€}$$

6.6 EQUIPOS DE PURIFICACIÓN

Esta partida consta de:

- Purificadoras centrífugas para aceite y combustible. 65000€
- Equipos de manejo de lodos, trasiegos y derrames. 3000€
- Equipo de tratamiento por aditivos para limpieza. 55000€
- Equipos de mezcla de combustible. 24000€

$$C_{\text{purificacion}} = 147000\text{€}$$

6.7 EQUIPOS AUXILIARES DE CASCO

Esta partida consta de:

- Bombas contraincendios, lastre, servicios generales y sentinas. 120000€



- Separadores de sentinas con sus bombas y alarmas. 15000€

$$C_{auxiliares} = 135000€$$

6.8 EQUIPO SANITARIOS

Esta partida consta de:

- Generador de agua dulce. 20000€
- Potabilizadora. 10000€
- Grupo hidrófobo. 9000€
- Planta de tratamiento de aguas residuales. 15000€

$$C_{sanitarios} = 54000€$$

6.9 ELEMENTOS VARIOS

En esta partida se presentan los elementos pertenecientes a la maquinaria auxiliar y que no están dentro de las partidas anteriores:

- Ventiladores de cámara de máquinas. 24000€
- Equipos de desmontaje. 21000€
- Taller de cámara de máquinas. 15000€

$$C_{varios} = 60000€$$

6.10 TOTAL GRUPO 5 MÁS MANO DE OBRA

La suma de las diferentes partidas anteriormente expuestas da un coste total para el grupo de maquinaria auxiliar de propulsión de:



$$C_{GRUPO5} = 961.000\text{€}$$

Las horas estimadas para este grupo serán de 15000, y considerando el precio hora de 45€ tendremos que el coste de la mano de obra para el grupo 5 será:

$$H_{grupo5} = 15000$$

$$CMH_{GRUPO5} = 675.000\text{€}$$

7 GRUPO 6. CARGOS, PRETRECOS Y RESPETOS

7.1 CARGOS Y RESPETOS REGLAMENTARIOS

Su coste se incluye en el de los correspondientes equipos, debido a esto se considerará por separado.

7.2 CARGOS Y RESPETOS NO REGLAMENTARIOS

En este caso, su coste no se incluye en el de los correspondientes equipos por lo que deberé añadirlo:

- Cargos y respetos no reglamentarios. 35000€

$$C_{cargos} = 35000\text{€}$$



7.3 TOTAL GRUPO 6 MÁS MANO DE OBRA

La suma de las diferentes partidas anteriormente expuestas da un coste total para el grupo de cargos, pertrechos y respetos de:

$$C_{GRUPO6} = 35.000\text{€}$$

Las horas estimadas para este grupo serán de 500, y considerando el precio hora de 45 € tendremos que el coste de la mano de obra para el grupo 6 será:

$$H_{grupo6} = 500$$

$$CMH_{GRUPO6} = 22.500\text{€}$$

8 GRUPO 7. INSTALACIONES ESPECIALES

8.1 INSTALACIONES Y EQUIPOS DE AUTOMATIZACIÓN, TELECONTROL Y ALARMA

Esta partida consta de:

- Puestos de control en cámara de máquinas y puente. 21000€
- Dispositivos de automatización y control reglamentarios. 55000€
- Restantes dispositivos de automatización y control. 30000€

$$C_{automatizacion} = 106000\text{€}$$



8.2 EQUIPOS ESPECIALES DE ESTIBA DE LA CARGA

Esta partida consta de:

- Elementos de trincado de contenedores. 120000€

$$C_{trincado} = 120000\text{€}$$

8.3 SISTEMAS DE ESTABILIZACIÓN Y AUXILIARES DE MANIOBRAS.

Esta partida consta de:

- Hélice transversal. 110000€

$$C_{helice} = 110000\text{€}$$

8.4 INSTALACIONES Y EQUIPOS ESPECIALES CONTRA INCENDIO

Esta partida consta de:

- Instalaciones CI de carácter estructural. 18000€
- Instalaciones rociadoras de agua en habitación. 21000€
- Equipos detectores de incendios en cámara de máquinas. 21000€

$$C_{contra incendio} = 60000\text{€}$$



8.5 TOTAL GRUPO 7 MÁS MANO DE OBRA

La suma de las diferentes partidas anteriormente expuestas da un coste total para el grupo de instalaciones especiales de:

$$C_{GRUPO7} = 396.000\text{€}$$

Las horas estimadas para este grupo serán de 11000, y considerando el precio hora de 45 € tendremos que el coste de la mano de obra para el grupo 7 será:

$$H_{grupo7} = 11000$$

$$CMH_{GRUPO7} = 495.000\text{€}$$

9 GRUPO 0. GASTOS VARIOS

En este grupo se incluyen todos aquellos gastos propios del proyecto no incluidos anteriormente.

9.1 PROYECTO

- Proyecto. 280000€
- Canal de experiencias. 180000€

$$C_{proyecto} = 460000\text{€}$$



9.2 CONSTRUCCIÓN Y ENTREGA

- Limpieza del buque. 100000€
- Gastos de botadura y remolques. 25000€
- Gastos de pruebas y entrega. 55000€
- Gastos de garantía. 50000€

$$C_{construccion} = 230000\text{€}$$

9.3 CERTIFICADOS Y SEGUROS

- Certificados de clasificación, organismos oficiales. 200000€
- Seguros durante la construcción. 200000€

$$C_{certificados} = 400000\text{€}$$

9.4 TOTAL GRUPO 0

La suma de las diferentes partidas anteriormente expuestas da un coste total para el grupo de gastos varios de:

$$C_{GRUPO0} = 1.090.000\text{€}$$

En este caso, las horas ya vendrían incluidas en el coste anterior.



10 RESUMEN DE COSTES DE CONSTRUCCION Y MANO DE OBRA

10.1 MATERIALES

GRUPO	DESCRIPCION	TOTAL
1	CASCO	2273524 €
2	EQUIPO, ARMAMENTO E INSTALACIONES	2188441 €
3	MAQUINARIA AUXILAR DE CUBIERTA	157000 €
4	INSTALACION PROPULSORA	2546000 €
5	MAQUINARIA AUXILIAR DE PROPULSION	961000 €
6	CARGOS, PERTRECHOS Y RESPETOS	35000 €
7	INSTALACIONES ESPECIALES	1486000 €
0	GASTOS VARIOS	1090000 €

10.2 MANO DE OBRA

GRUPO	DESCRIPCION	TOTAL
1	CASCO	6750000 €
2	EQUIPO, ARMAMENTO E INSTALACIONES	5400000 €
3	MAQUINARIA AUXILAR DE CUBIERTA	54000 €
4	INSTALACION PROPULSORA	540000 €
5	MAQUINARIA AUXILIAR DE PROPULSION	675000 €
6	CARGOS, PERTRECHOS Y RESPETOS	22500 €
7	INSTALACIONES ESPECIALES	495000 €
0	GASTOS VARIOS	- €



11 ANALISIS DE LA INVERSION

El precio total de la construcción estará dado por la suma de del coste de los materiales, mano de obra y gastos varios, resultando:

Resumen	CONCEPTO	MATERIAL	MANO DE OBRA	COSTE TOTAL
GRUPO 1	CASCO	2.273.524 €	6.750.000 €	9.023.524 €
GRUPO 2	EQUIPO, ARMAMENTO E INSTALACIONES	2.188.441 €	5.400.000 €	7.588.441 €
GRUPO 3	MAQUINARIA AUXILIAR DE CUBIERTA	157.000 €	54.000 €	211.000 €
GRUPO 4	INSTALACION PROPULSORA	2.546.000 €	540.000 €	3.086.000 €
GRUPO 5	MAQUINARIA AUXILIAR DE PROPULSION	961.000 €	675.000 €	1.636.000 €
GRUPO 6	CARGOS, PERTRECHOS Y RESPETOS	35.000 €	22.500 €	57.500 €
GRUPO 7	INSTALACIONES ESPECIALES	1.486.000 €	495.000 €	1.981.000 €
GRUPO 0	GASTOS VARIOS	1.090.000 €	- €	1.090.000 €
	TOTAL	10.736.965 €	13.936.500 €	24.673.465 €

El esquema de financiación del proyecto, estará compuesto por los siguientes aspectos:

11.1 BENEFICIO INDUSTRIAL DEL ASTILLERO

Hoy en día podemos considerar que el beneficio industrial está en torno al 5 % del coste de la construcción del buque. Este beneficio se considera tan pequeño y ajustado debido a la gran competencia del mercado asiático que tiene unos precios casi sin competencia.

$$\text{Beneficio} = 1.233.673\text{€}$$



11.2 VALOR DEL CONTRATO

El valor del contrato es la cantidad total que el armador paga al astillero como remuneración por la construcción y entrega del buque siendo:

Valor de contrato = Valor total del buque = Coste de construcción + Beneficio del astillero.

Por lo que:

$$Valor = 24.673.465\text{€} + 1.233.673\text{€} = 25.907.138\text{€}$$

11.3 ESQUEMA LEGAL VIGENTE EN ESPAÑA PARA LA FINANCIACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN NAVAL PARA ARMADORES NACIONALES

Las condiciones de financiación naval vigentes en España actualmente para armadores nacionales y comunitarios quedan determinadas en el Real Decreto 442/94, sobre Primas y Financiación a la Construcción Naval. Las condiciones de este real decreto pueden resumirse en:

- Se aplica tanto a ventas a armadores nacionales como a la exportación a armadores comunitarios y de la E.F.T.A.
- Principal del crédito: 85 % como máximo.
- Interés a abonar por el armador: mínimo del 8 %.
- Plazo máximo de 12 años, que puede incrementarse excepcionalmente a 14 y hasta con 2 años de carencia.
- El Estado abona al banco financiador hasta 3 puntos de subvención.

Tomaremos como capital ajeno un 80 % del valor total del buque.

- Importe de crédito (80% del total) 20.725.710 €



- Tipo de interés 8 % anual.
- Período de devolución 10 años.
- Tiempo de carencia 2 años.

11.4 CAPITAL PROPIO

El capital propio es la parte del valor del buque que cubre el armador con recursos propios, que será por tanto en este caso del 20% del valor del buque:

$$Capital = 0.2 \cdot 25907138 = 5.181.428\text{€}$$

11.5 GASTOS DEL ARMADOR

Los gastos del armador son los que se recogen a continuación y que están dados en tanto por ciento del precio del astillero para el buque:

- Coste del estudio de la solicitud de crédito 0.15 %
- Aval por los tres primeros plazos del préstamo 1.00 %
- Gastos de constitución de la hipoteca 0.30 %
- Intereses intercalarios del crédito 5.00 %
- Impuesto de Actos Jurídicos Documentados 0.80 %
- Abanderamiento, Registro y Notaría 2.00 %
- Inspección durante la construcción 1.25 %
- Varios 2.50 %

De donde el total de los gastos del armador asciende a un 11.2 % del precio del astillero

$$Gastos = 0.112 \cdot 25907138 = 2.901.600\text{€}$$